

# Perinnöllisen lukivaikeusriskin vaikutus kielellisten taitojen rakenteeseen kahdeksanvuotiailla lapsilla

Julia Veronica Varjola

Pro gradu -tutkielma

Psykologia

Lääketieteellinen tiedekunta

Heinäkuu 2019

Ohjaajat: Soila Kuuluvainen, Piia Turunen ja Teija Kujala

Puheen havaitsemisen kehitys ja sen ongelmien ennakointi lapsilla -projekti

Tiedekunta/Fakultet – Faculty Lääketieteellinen tiedekunta		Laitos/Institution – Department Psykologian ja logopedian osasto	
Tekijä/Författare – Author Julia Varjola			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Perinnöllisen lukivaikeusriskin vaikutus kielellisten taitojen rakenteeseen kahdeksanvuotiailla lapsilla			
Oppiaine / Läroämne – Subject Psykologia			
Työn laji/Arbetets art – Level Pro gradu -tutkielma	Aika/Datum – Month and year Heinäkuu 2019	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 37 sivua + 1 liite	
<p>Tiivistelmä/Referat – Abstract</p> <p><b>Tavoitteet.</b> Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää suomea äidinkielenään puhuvien kahdeksanvuotiaiden lasten kielellisten taitojen suhdetta toisiinsa. Tutkimuksessa pyrittiin toistamaan aiemmin englanninkielisessä tutkimuksessa havaittu kolmen faktorin rakenne, jossa kielelliset taidot jakautuivat matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin ja muihin kielellisiin taitoihin. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös, onko suvussa esiintyvä lukivaikeus yhteydessä normaalikehityksestä poikkeavaan kielellisten taitojen rakenteeseen, sillä lukivaikeuteen liittyvä heikko suoriutuminen äännetaitotehtävissä tukee mahdollisuutta, että kielelliset taidot saattavat lukivaikeuden yhteydessä jäsentyä epätavanomaisesti.</p> <p><b>Menetelmät.</b> Tutkimukseen osallistui 152 ensimmäistä luokkaa käyvää suomenkielistä lasta, joista 84:llä arvioitiin olevan perinnöllinen lukivaikeusriski (lukiriskiryhmä). Kielellisiä taitoja arvioitiin neurokognitiivisilla testeillä, jotka mittasivat äännetaitoja, nopeaa automatisoitunutta nimeämistä, sanojen muistista hakua, ohjeiden ymmärtämistä ja työmuistia. Tutkimuksessa muodostettiin aiempaan tutkimukseen pohjautuva kielellisten taitojen malli jakamalla testit matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin ja muihin kielellisiin taitoihin.</p> <p><b>Tulokset ja johtopäätökset.</b> Koko aineistolle tehdyn konfirmatorisen faktorianalyysin perusteella hypoteesin mukainen malli ei sopinut aineistoon. Eksploratiivisten faktorianalyysien mukaan kolmen faktorin malli sopi aineistoon kummallakin ryhmällä, mutta havaitut faktorirakenteet eivät olleet hypoteesin mukaisia. Molemmilla ryhmillä muodostui lyhytkestoista muistia ja nopeaa automatisoitunutta nimeämistä edustavat faktorit, mikä viittaa siihen, että nämä taidot erottuvat muista kielellisistä toiminnoista osittain erillisiksi taidoiksi. Näiden lisäksi verrokkiryhmällä muodostui vaativampien kielellisten toimintojen tekijä, johon sisältyi sekä äännetaitoja että muita kielellisiä taitoja. Lukiriskiryhmällä ei muodostunut vastaavanlaista faktoria, vaan sen sijaan heillä muodostui erillinen äännetaitoja edustava tekijä. Tulokset viittaavat siihen, että verrokeilla äännetaidot kietoutuvat yhteen muiden vaativampien kielellisten toimintojen kanssa, kun taas lukiriskilapsilla äännetaidot erottuvat selkeämmin omaksi taidokseen.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Kielelliset taidot, äännetaidot, lukivaikeus, oppimisvaikeudet			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto, Helda/ E-thesis (opinnäytteet)			

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Faculty of Medicine		Laitos/Institution– Department Department of Psychology and Logopedics	
Tekijä/Författare – Author Julia Varjola			
Työn nimi / Arbetets titel – Title The effect of familial risk for dyslexia on the structure of language abilities in eight-year-old children			
Oppiaine /Läroämne – Subject Psychology			
Työn laji/Arbetets art – Level Master's thesis	Aika/Datum – Month and year July 2019	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 37 pages + 1 appendix	
<p>Tiivistelmä/Referat – Abstract</p> <p><b>Objectives.</b> The purpose of this study was to investigate the dimensionality of linguistic skills in eight-year-old Finnish-speaking children. The study aimed to replicate a three-factor structure, consisting of low and high cognitive load phonological skills and other linguistic skills, that was previously found in a study conducted with English-speaking children. This study also explored whether familial risk for dyslexia is associated with an atypical structure of language abilities since the low performance of dyslexics in phonological tasks supports this possibility.</p> <p><b>Methods.</b> The sample of this study consisted of 152 first grade children of which 84 were at increased familial risk for dyslexia (at-risk group). Language abilities were assessed with neurocognitive tests that measured phonological skills, rapid automatized naming, retrieval of words, understanding of instructions and working memory. A model of the dimensions of linguistic abilities was formed based on previous research by dividing the tests into low cognitive load phonological skills, high cognitive load phonological skills and other linguistic skills.</p> <p><b>Results and conclusions.</b> Confirmatory factor analysis that was conducted to the entire sample did not support the hypothesized factor structure. According to explorative factor analyses three-factor structure fit the data in both groups but the observed factor structures were not consistent with the hypothesis. In both groups the observed factor structure contained factors that represented short-term memory and rapid automatized naming indicating that these skills are partially separate from other language abilities. In addition to these, in the control group the factor structure contained a factor that represented complex linguistic skills including both phonological and other language skills. In the at-risk group the observed factor structure did not include an equivalent factor but instead a factor that represented specifically phonological skills. The results indicate that in the control group phonological skills interweave with other complex language skills whereas in the at-risk group phonological skills form a separate set of abilities.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Language abilities, phonological skills, dyslexia, learning difficulties			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto, Helda/ E-thesis (opinnäytteet)			

# Sisällys

1. Johdanto .....	1
1.1 Kielelliset taidot .....	1
1.2 Lukivaikeus .....	2
1.3 Äännetaidot .....	4
1.4 Äännetaitojen yhteys lukutaitoon ja lukivaikeuteen .....	5
1.5 Äännetaidot ja kognitiivisen kuormittavuuden taso.....	8
1.6 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit .....	10
2. Menetelmät.....	11
2.1 Koehenkilöt.....	11
2.2 Tutkimuksen kulku .....	11
2.3 Neurokognitiiviset testit.....	12
2.4 Tutkimuksessa testattavan kielellisten taitojen mallin muodostaminen .....	13
2.5 Konfirmatorinen ja eksploratiivinen faktorianalyysi .....	14
3. Tulokset.....	15
3.1 Verrokkiryhmän ja lukiriskiryhmän suoriutuminen neurokognitiivisissa testeissä.....	15
3.2 Konfirmatorinen faktorianalyysi.....	16
3.3 Eksploratiivinen faktorianalyysi .....	17
4. Pohdinta .....	18
4.1 Konfirmatorinen faktorianalyysi.....	19
4.2 Eksploratiivinen faktorianalyysi .....	23
4.3 Tutkimuksen rajoitteet ja jatkotutkimussuosituksset.....	28
4.4 Yhteenveto .....	30
Lähteet.....	31
Liitteet .....	38

# 1. Johdanto

## 1.1 Kielelliset taidot

Kielellä on yhteiskunnassamme tärkeä rooli, sillä tiedon välittäminen ja sosiaalinen vuorovaikutus tapahtuvat suurelta osin juuri kielen avulla. Tämän vuoksi kielelliset taidot, jotka muodostuvat erilaisista puhutun ja kirjoitetun kielen tuottamisesta ja ymmärtämisestä tarvittavista taidoista, vaikuttavat laaja-alaisesti ihmisen eri elämän osa-alueisiin. Tästä johtuen on tärkeää pyrkiä ymmärtämään tarkasti, millaisista taidoista kielelliset taidot muodostuvat ja miten nämä taidot ovat yhteydessä toisiinsa. Kielellisiin taitoihin tiedetään sisältyvän ensinnäkin ymmärrys eri sanojen merkityksestä ja kyky hyödyntää tätä sanavarastoa myös omassa puheessa ja kirjoituksessa. Sanaston lisäksi kielet muodostuvat erilaisista sanojen ja lauseiden rakenteisiin liittyvistä tekijöistä, kuten esimerkiksi sanojen välisiä suhteita ilmaisevista prepositioista tai sanojen taivutuksesta ja sanajärjestyksestä. Kielellisiin taitoihin kuuluu näin ollen myös kyky ymmärtää näiden rakenteiden merkitys ja siten muodostaa sanoja ja lauseita kielipöydästä oikein. Sanastoon ja rakenteisiin liittyvien tekijöiden ohella hyvät kielelliset taidot edellyttävät äännetaitoja, eli kykyä havaita ja tuottaa puheäänteitä ja käsitellä äänteitä mielessä. Näiden taitojen merkitys korostuu erityisesti siinä vaiheessa, kun lapsi opettelee lukemaan, eli hahmottamaan äänteiden ja kirjoitusmerkkien välistä yhteyttä.

Nykytutkimuksen valossa on vielä epäselvää, missä määrin erilaiset kielelliset taidot, kuten esimerkiksi äännetaidot ja sanavarasto, ovat sidoksissa toisiinsa, vai kehittyvätkö ne pitkälti itsenäisesti. Esimerkiksi tutkimustulokset äännetaitojen yhteydestä muihin kielellisiin taitoihin ovat osin ristiriitaisia. Yhtäältä äännetaitojen on havaittu olevan muista kielellisistä taidoista erillisiä taitoja (Anthony, Davis, Williams, & Anthony, 2014), mutta toisaalta on myös viitteitä siitä, että kielelliset taidot saattavat olla yksi yhtenäinen taito, johon myös äännetaidot sisältyvät (Colledge ym., 2002). Lisäksi äännetaitojen sisäiseen rakenteeseen liittyy vielä useita epäselviä kysymyksiä. Yksi niistä on kysymys siitä, onko yksinkertaisissa äännetaidoissa, kuten kyvyssä havaita ja toistaa äänteitä, kyse laadullisesti eri taidosta kuin monimutkaisemmassa äänteiden käsittelyssä, kuten kyvyssä muunnella äänteitä mielessä. Tätä kysymystä on äännetaidot kokonaisuutena huomioiden tarkasteltu tietyllä tavalla vasta yhdessä tutkimuksessa, jossa havaittiin, että englanninkielisillä lapsilla yksinkertainen ja monimutkaisempi äänteiden käsittely muodostivat kaksi erillistä komponenttia (Ramus, Marshall, Rosen, & van der Lely, 2013).

Suomenkielisten osalta lisää epäselvyyttä kielellisten taitojen rakenteesta tuo se, että suurin osa aihetta käsitelleistä tutkimuksista on koskenut englannin kieltä, joka poikkeaa suomesta usealla tavalla. Verrattuna englannin kieleen, suomen kielessä on säännönmukaisemmat kirjain-äännevastaavuudet ja lisäksi puheen fonologiset ominaisuudet ovat erilaiset, sillä suomen kielessä esimerkiksi tavut erottuvat toisistaan selkeämmin. Englannin ja suomen välillä on myös eroja kielen rakenteessa, sillä suomen kielessä on monimutkaisempi sanojen taivutus, kun taas englannin kielessä sen sijaan on monimutkaisempi lausetason kielioppi. Erojen vuoksi on mahdollista, että kielelliset taidot jäsentyvät eri tavoin eri kielissä. Tämän vuoksi englannin kielellä saatuja tuloksia ei voida suoraan yleistää suomeen tai muihin englannista selkeästi poikkeaviin kieliin. Tästä johtuen tutkimusta kielellisten taitojen rakenteesta tarvitaan laajasti eri kielillä, mukaan lukien suomeksi. Tässä tutkimuksessa pyritään tarkentamaan ymmärrystä kielellisten taitojen rakenteesta suomenkielisillä lapsilla keskittyen etenkin äännetaitoihin. Tutkimuksesta on hyötyä myös laajemmin, sillä suomea koskevat tulokset ovat lähtökohtaisesti paremmin yleistettävissä toisiin kirjain-äännevastaavuuksiltaan säännönmukaisiin kieliin kuin hyvin epäsäännöllistä englantia koskevat tulokset. Näin ollen tutkimus antaa viitteitä kielellisten taitojen rakenteesta myös muissa kirjain-äännevastaavuuksiltaan säännönmukaisissa kielissä.

Yksi keskeinen sovellusalue tarkemmalle tiedolle kielellisten taitojen rakenteesta on erilaisten kielellisen kehityksen vaikeuksien parissa tehtävä työ. Kun teoreettinen ymmärrys tarkentuu, voidaan myös kielellisiä taitoja kartoittavia menetelmiä kehittää antamaan tarkempaa tietoa siitä, mihin taitoihin yksilön kielelliset vaikeudet liittyvät. Tällöin myös interventioita voitaisiin kohdentaa nykyistä tarkemmin. On kuitenkin huomioitava, että tavanomaisesti kehittyvillä yksilöillä saatuja tuloksia kielellisten taitojen rakenteesta ei voida suoraan yleistää epätavanomaiseen kielelliseen kehitykseen, vaan tarvitaan tutkimusta myös erilaisilla poikkeavan kielellisen kehityksen ryhmillä. Tämä johtuu siitä, että kielellisten vaikeuksien yhteydessä kielelliset taidot saattavat jäsentyä normaalikehityksestä poikkeavalla tavalla. Mahdollisista eroista tarvitaan kuitenkin lisää tutkimusta, sillä kielellisten taitojen rakennetta on usein tutkittu niin, että tavanomaisesti kehittyviä ja kielellisiä vaikeuksia omaavia yksilöitä ei ole eroteltu. Tässä tutkimuksessa pyritään tiettävästi ensimmäistä kertaa selvittämään, havaitaanko lapsilla, joiden suvussa esiintyy lukemisen ja kirjoittamisen erityisvaikeutta eroja kielellisten taitojen rakenteessa suhteessa tavanomaiseen kehitykseen.

## 1.2 Lukivaikeus

Lukemisen ja kirjoittamisen erityisvaikeus eli lukivaikeus määritellään Maailman terveysjärjestön kansainvälisessä tautiluokituksessa lukemaan ja/tai kirjoittamaan oppimisen vaikeudeksi yksilöllä,

jolla on normaali yleinen älykkyys, eikä lukemisen vaikeus johdu näkö- tai kuuloaistin epätarkkuudesta, neurologisesta sairaudesta tai sosiokulttuurisista tekijöistä kuten puutteellisesta opetuksesta (WHO, 1993). Lukivaikeus voi ilmetä epätarkkana lukemisena, lukemissujuvuuden ongelmina, kirjoitusvirheiden tekemisenä sekä vaikeutena luetun ymmärtämisessä (Lyon, Shaywitz, & Shaywitz, 2003). Ilmeneminen on kuitenkin hyvin yksilöllistä eikä vaikeuksia välttämättä ilmene kaikilla edellä mainituilla osa-alueilla. Yksilöllisten erojen lisäksi myös kieli ja sen kirjoitusjärjestelmä vaikuttavat lukivaikeuden ilmenemiseen (Landerl, Wimmer, & Frith, 1997). Kielen vaikutus näkyy esimerkiksi niin, että kirjain-äännevastaavuuksiltaan säännönmukaisissa kielissä kuten suomessa lukemisen sujuvuus on epätarkkuutta tyypillisempi vaikeus (Aro, Eklund, Leppänen, & Poikkeus, 2011). Tämä johtuu siitä, että säännönmukaiset kirjain-äännevastaavuudet helpottavat lukemistarkkuuden saavuttamista ja siksi vaikeudet painottuvat lukemisen sujuvuuteen. Kirjoitusvirheet puolestaan liittyvät suomenkielisillä muun muassa lyhyiden ja pitkien äänteiden sekoittamiseen (Lyytinen, Leinonen, Nikula, Aro, & Leiwo, 1995). Arviot lukivaikeuden esiintyvyydestä vaihtelevat eri maiden välillä riippuen kielestä ja lukivaikeuden määritelmästä. Lukivaikeuden esiintyvyydestä puhuttaessa on myös huomioitava, että lukutaito on jatkuva muuttuja. Tämä tarkoittaa sitä, että yksilö ei lue joko hyvin tai huonosti, vaan kunkin lukutaito sijoittuu johonkin kohtaan samanikäisten jakaumaa. Näin ollen lukivaikeuden esiintyvyyсарviot riippuvat siitä, kuinka heikkoa suoriutumista edellytetään, jotta vaikeuden katsotaan olevan diagnosoitavan lukivaikeuden tasoista. Monesti lukivaikeuden kriteerinä pidetään vähintään puolitoista keskihajontaa keskitasoa heikompaa lukusuoriutumista, mikä asettaa lukivaikeuden esiintyvyydeksi noin seitsemän prosenttia väestöstä (Peterson & Pennington, 2015). Lukivaikeuden esiintyvyydessä on eroja sukupuolten välillä, sillä miehillä lukivaikeutta esiintyy 1,5-3 kertaa enemmän kuin naisilla (Rutter ym., 2004).

Lukivaikeuteen on havaittu liittyvän aivojen rakenteellisia ja toiminallisia poikkeavuuksia. Aivokuvantamistutkimuksissa on ensinnäkin toistuvasti havaittu lukivaikeuteen liittyvän epätavanomaista aktivaatiota vasemman aivopuoliskon kielellisen prosessoinnin verkostoissa sekä posteriorisilla että anteriorisilla alueilla (Richlan, Kronbichler, & Wimmer, 2009). Samoilla alueilla on myös havaittu olevan tavallista vähemmän harmaata ainetta (Raschle, Chang, & Gaab, 2011). Lisäksi on havaittu, että äänteiden erotteluun liittyvissä aiovasteissa ilmenee lukivaikeuksilla vaimentuneisuutta (Lovio, Näätänen, & Kujala, 2010) ja aivoasteiden perusteella myös nopea sanojen oppiminen on tavanomaista heikompaa (Kimppa, Shtyrov, Partanen, & Kujala, 2018). Lukivaikeuteen liittyvät neuropsykologiset poikkeavuudet ovat ainakin osittain jo varhain havaittavissa, eivätkä ne näin ollen heijasta pelkästään kokemuksen myötä tapahtuvaa aivojen muokkautumista. Suomalaisilla lapsilla, joilla on lukivaikeus (jatkossa lukilapsilla) on esimerkiksi

havaittu jo vauvaiässä muun muassa tavanomaisesta eroavia aivovasteita äänteiden keston erottamiseen liittyen (Leppänen & Hämäläinen, 2011). Näiden neuropsykologisten poikkeavuuksien on esitetty viittaavan siihen, että puheen ja kielellisten prosessien kannalta keskeiset neuraaliset verkostot ovat organisoituneet tavanomaisesta poikkeavalla tavalla jo varhaisessa kehityksessä (Leppänen & Hämäläinen, 2011). Tämä tukee mahdollisuutta, että lukilasten kielellisten taitojen rakenne saattaa erota siitä, millainen se on tavanomaisesti kehittyvillä lapsilla.

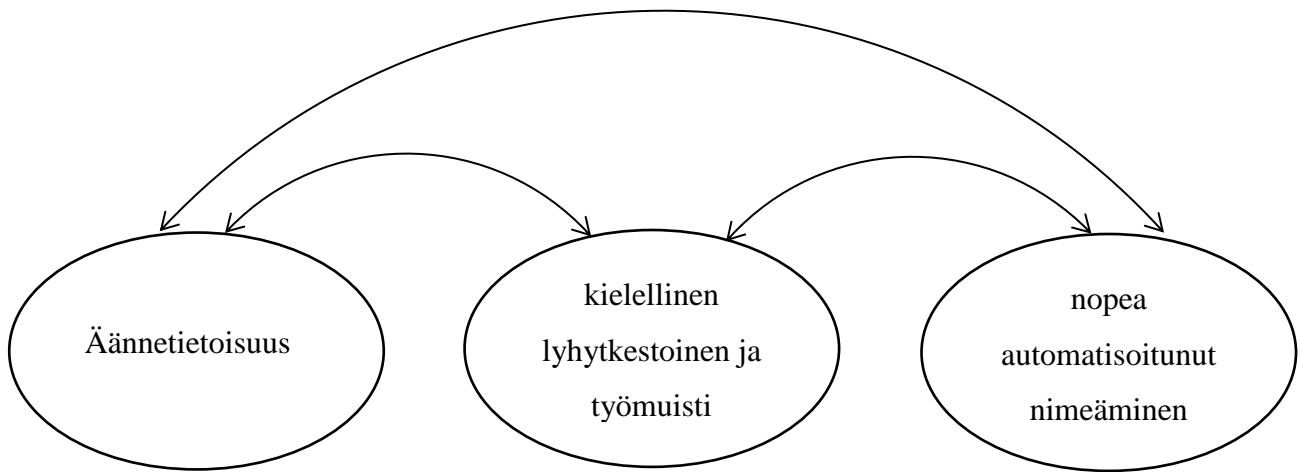
Lukivaikeuden periytyvyyden on arvioitu olevan noin 50% (Peterson & Pennington, 2015). Vanhemman lukivaikeuden on tutkimuksissa havaittu olevan hyvin keskeinen lapsen lukivaikeusriskiä lisäävä tekijä. Meta-analyysissä, jossa hyödynnettiin viidentoista tutkimuksen useammassa eri maassa kerättyjä aineistoja saatiin tulos, että keskimäärin 45%:lle lapsista, joiden vanhemmalla on lukivaikeus, kehittyy niinikään lukivaikeus (Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Meta-analyysissä mukana olleen suomalaisen pitkittäistutkimuksen aineistossa lukivaikeus kehittyi 35%:lle tällaisista lapsista (Torppa, Lyytinen, Erskine, Eklund, & Lyytinen, 2010). Lukivaikeuden esiintyvyys lapsilla, joiden vanhemmalla on lukivaikeus, on siis huomattavasti korkeampi kuin väestössä keskimäärin. Tämän lisäksi on havaittu, että niilläkin lapsilla, joille ei perinnöllisestä riskistä huolimatta kehity lukivaikeutta on kuitenkin tavanomaista useammin lievempiä lukemisen vaikeuksia (Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Perinnölliseen riskiryhmään kuuluvien lasten (jatkossa lukiriskilasten) tutkimista voidaan lukivaikeuden periytyvyyden ja lukiriskilapsilla esiintyvien vaikeuksien valossa pitää perusteltuna kohderyhmänä silloin, kun halutaan tutkia lukivaikeuteen liittyviä tekijöitä alle kouluikäisillä tai lukutaitoa vasta opettelevilla lapsilla, joille ei vielä ole kertynyt lukivaikeuden diagnosoimisen edellyttämää riittävää lukutaidon harjoitusta.

### 1.3 Äännetaidot

Äännetaidoilla viitataan joukkoon kognitiivisia taitoja, jotka liittyvät puheäänteiden muistista hakuun, prosessointiin ja mielensisäiseen muunteluun. Äännetaidot voidaan jakaa kuvassa 1 esitettyihin kolmeen osataitoon (Wagner & Torgesen, 1987). Ensimmäinen näistä osataidoista on *äännetietoisuus*, jolla tarkoitetaan tietoista kykyä havaita ja käsitellä mielessä sanan osia, esimerkiksi tavuja, riimejä ja äänteitä. Toisekseen äännetaitoihin katsotaan sisältyvän *kielellinen lyhytkestoinen - ja työmuisti*, joita tarvitaan äänteisiin liittyvän tiedon väliaikaiseen muistissa säilyttämiseen ja tiedon prosessoimiseen. Kolmas äännetaitojen osa-alueena pidetty taito on *nopea automatisoitunut nimeäminen*, jonka voidaan nähdä heijastavan tuttujen sanojen muistista hakua. Alan tutkijoilla on kuitenkin eriäviä näkemyksiä siitä, heijastavatko nopean automatisoituneen nimeämisen tehtävät ensisijaisesti äänteiden prosessointiin liittyviä taitoja, kuten sanojen hakemista muistista, vaiko



esimerkiksi toiminnanohjauksen ja tarkkaavuuden kaltaisia laajempia kognitiivisia mekanismeja. Osa tutkijoista näkeekin nopean automatisoituneen nimeämisen muodostavan oman, äännetaidoista erillisen taitonsa (mm. Wolf & Bowers, 1999).



Kuva 1. Äännetaitojen osataidot (Wagner & Torgesen, 1987).

Tämänhetkisen tutkimustiedon pohjalta ei ole selvää, missä määrin äännetietoisuus, kielellinen lyhytkestoinen ja työmuisti sekä nopea automatisoitunut nimeäminen heijastavat yhteistä taustalla olevaa tekijää. Tutkimuksissa, joissa on tarkasteltu näiden taitojen suhdetta toisiinsa faktorianalyysillä on saatu kahdenlaisia tuloksia. Ensinnäkin on tutkimuksia, joiden tulokset viittaavat siihen, että äännetietoisuus, kielellinen työ- ja lyhytkestoinen muisti sekä nopea automatisoitunut nimeäminen ovat kaikki toisistaan erillisiä vaikkakin korreloivia taitoja (Anthony ym., 2006; Anthony, Williams, McDonald, & Francis, 2007; Nelson, Lindstrom, Lindstrom, & Denis, 2012). Toisaalta on myös tuloksia, jotka viittaisivat nopean automatisoituneen nimeämisen olevan muista osataidoista erillinen taito, mutta äännetietoisuuden ja kielellisen lyhytkestoisien- ja työmuistin muodostavan yhtenäisen kokonaisuuden (Lonigan ym., 2009). Onkin esitetty, että vaikka äännetietoisuus ja kielellinen työmuisti voidaan teoreettisesti erottaa toisistaan, on käytännössä hyvin vaikeaa mitata puhdasta äännetietoisuutta erillään kielellisestä työmuistista, koska äännetietoisuuden mittaamiseen käytettävät tehtävät edellyttävät tyypillisesti myös kielellisen aineksen muistissa pitämistä ja manipulointia, mikä kuormittaa työmuistia (Choi ym., 2017).

#### 1.4 Äännetaitojen yhteys lukutaitoon ja lukivaikeuteen

Äännetaidot ovat keskeisesti yhteydessä lukemaan oppimiseen ja lukutaidon kehittymiseen. On näyttöä siitä, että suoriutuminen äännetaitoja mittaavissa tehtävissä ennustaa lukutaitoa sekä tavanomaisesti lukevilla lapsilla että niillä lapsilla, joille kehittyy lukivaikeus (mm. Boets ym., 2010).

Äännetaitojen ja lukutaidon välillä olevan yhteyden on lisäksi havaittu olevan vastavuoroinen. Toisaalta äännetaitojen harjaantuminen kehittää lukutaitoa, mutta myös lukutaidon kehittyminen parantaa suoriutumista äännetaitojen tehtävissä (Adams, 1990). Jälkimmäinen saattaa johtua esimerkiksi siitä, että lukutaitoinen lapsi pystyy kuvittelemaan kuulonvaraisesti annetun äännetehävän myös visuaalisesti, kirjoituksena. Äännetaitojen osa-alueiden välillä vaikuttaisi kuitenkin olevan eroja sen suhteen, millä tavoin ne ovat yhteydessä lukutaitoon (Allor, 2002). Suomalaisissa tutkimuksissa on esimerkiksi havaittu, että äännetietoisuus on tärkeää lukemisvalmiuksien kehittämisessä ja alkavan luku- ja kirjoitustaidon oppimisessa (Puolakanaho & Ketonen, 2011) kun taas nopean automatisoituneen nimeämisen on havaittu olevan yhteydessä etenkin lukunopeuteen (Salmi & Torppa, 2011).

Äännetaitoihin liittyvää vaikeutta pidetään nykytutkimuksen valossa keskeisenä lukivaikeuden taustalla olevana tekijänä ainakin suurimmassa osassa tapauksista (Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004). Tutkimuksissa on toistuvasti saatu näyttöä siitä, että lukivaikeus on yhteydessä tavanomaista heikompaan suoriutumiseen äännetaitojen eri osa-alueilla. Heikkoa suoriutumista on ensinnäkin havaittu äännetietoisuutta mittavissa tehtävissä: lukilasten on havaittu suoriutuvan äännetietoisuustehtävistä heikommin kuin tavanomaisesti lukevat ikätoverinsa ja myös heikommin kuin nuoremmat, heidän kanssaan samalla tasolla lukevat lapset (Melby-Lervåg, Lyster, & Hulme, 2012). Lukilasten on myös havaittu olevan verrokkilapsia hitaampia kirjainten nimien oppimisessa, joka on äännetietoisuuteen läheisesti liittyvä taito (Pennington & Lefly, 2001). Toisekseen lukivaikeuksien on havaittu suoriutuvan heikommin kielellistä lyhytkestoista- ja työmuistia mittaavissa tehtävissä (mm. Szenkovits & Ramus, 2005). Ero suoriutumisessa on havaittavissa jo varhaisessa kehityksessä, sillä jo hieman alle nelivuotiaiden lukiriskilasten on havaittu suoriutuvan verrokkilapsia heikommin kielellistä lyhytkestoista muistia mittaavissa tehtävissä (Gallagher, Frith, & Snowling, 2000). Lisäksi lukivaikeuteen liittyy hitaampi suoriutuminen nopeaa automatisoitunutta nimeämistä mittaavissa tehtävissä (Wolf & Bowers, 1999). Suomalaisen lukiriskilasten on havaittu suoriutuvan nopean automatisoituneen nimeämisen tehtävistä keskimäärin verrokkilapsia hitaammin jo 3,5 vuoden iässä ja ero on havaittu myös toisen luokan lopussa (Salmi & Torppa, 2011).

Lukivaikeuksien heikon suoriutumisen äännetaitotehtävissä on esitetty johtuvan ainakin osittain siitä, että äidinkielen äänneistä muodostetut mielensisäiset äännerepresentaatiot ovat epätarkkoja tai puutteellisia (mm. Goswami, 2000; Snowling, 2000). Äännerepresentaatioiden puutteellisuus voi heikentää kykyä prosessoida puheäänneisiin liittyvää tietoa esimerkiksi vaikeuttamalla äänneiden erottelua toisistaan (Kujala, 2007). Lisäksi äännerepresentaatioiden puutteellisuus tai epätarkkuus voi

johtaa vaikeuteen kirjainten ja puheäänteiden välisten yhteyksien hahmottamisessa ja vakiintumisessa ja siten vaikeuttaa lukemaan oppimista, mikä selittäisi lukivaikeuksisten heikkoa lukutaitoa (Snowling, 2000). Siitä, millä tavalla äännerepresentaatiot tarkalleen ottaen ovat puutteellisia on esitetty useita eri näkemyksiä. On esimerkiksi esitetty, että lukivaikeuksilla ei muodostu varhaisessa kehityksessä normaaliin tapaan selkeitä äidinkielen äänteitä vastaavia kategorioita, vaan äännerepresentaatiot jäävät epätarkemmiksi ja sisältävät puhutun kielen kannalta epäolennaisia piirteitä (Serniclaes, Heghe, Mousty, Carré, & Sprenger-Charolles, 2004). Useissa aivovasteita tarkastelleissa tutkimuksissa havaitut tulokset siitä, että lukivaikeuksiset erottelevat äänteitä toisistaan tavanomaista heikommin (mm. Lachmann, Berti, Kujala, & Schröger, 2005; Lovio ym., 2010; Schulte-Körne, Deimel, Bartling, & Remschmidt, 1998) tukevat teoriaa äännerepresentaatioiden puutteellisuudesta. Toisaalta on kuitenkin otettava huomioon, että osassa tutkimuksista, joissa on kartoitettu lukivaikeuksisten äännerepresentaatioita ei ole havaittu poikkeavaa suoriutumista suhteessa verrokkiryhmään. Tällaisia tuloksia on saatu esimerkiksi epäsanaja kuunnellessa aktivoituvien aivoalueiden sekä äänteiden erottamiseen liittyvien aivovasteiden suhteen (Boets ym., 2013) ja behavioraalisesti mitatusta äänteiden kategorisesta havaitsemisesta (Hazan, Messaoud-Galusi, Rosen, Nouwens, & Shakespeare, 2009; Robertson, Joanisse, Desroches, & Ng, 2009).

Näkemykselle lukivaikeuksisten puutteellisista äännerepresentaatioista on esitetty myös vaihtoehtoja. Yksi vaihtoehtoinen selitys on, että heikko suoriutuminen äännetaitoja mittaavissa tehtävissä johtuisi siitä, että äännerepresentaatiot itsessään kehittyvät normaalisti, mutta äännerepresentaatioiden sisältämän tiedon hakemisessa ja hyödyntämisessä tarvittavissa mekanismeissa on vaikeuksia (Ramus & Szenkovits, 2008). Tukea näkemykselle lukivaikeuksisten verrattain ehjistä äännerepresentaatioista, mutta vaikeuksista niiden sisältämän tiedon käyttämisessä, on saatu tutkimuksissa, jotka mahdollistavat vertailun erilaisten äännetaitotehtävien välillä. Useammassa tutkimuksessa on havaittu lukivaikeuksisten suoriutuvan normaalisti sellaisissa äännetaitoja mittaavissa tehtävissä, joissa kognitiivinen kuormitus esimerkiksi työmuistin suhteen on ollut matala (mm. Ahissar, Lubin, Putter-Katz, & Banai, 2006; Ramus & Szenkovits, 2008). On argumentoitu, että mikäli lukivaikeuksisten heikko suoriutuminen äännetaitotehtävissä johtuisi puutteellisista äännerepresentaatioista, tulisi vaikeuden äännetaitotehtävissä ilmetä riippumatta tehtävän kognitiivisen kuormituksen määrästä, sillä myös alhaisen kognitiivisen kuormituksen tehtävät edellyttävät normaaleja äännerepresentaatioita (Ramus & Ahissar, 2012). Näin ollen se, että lukivaikeuksiset suoriutuvat joissakin tilanteissa yhtä hyvin kuin verrokkiryhmä, voi viitata äännetaitoihin liittyvän heikkouden olevan jossakin muualla kuin äännerepresentaatioissa.

### 1.5 Äännetaidot ja kognitiivisen kuormittavuuden taso

On mahdollista, että matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävissä on kyse kahdesta osittain erillisestä taidosta. Matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävillä tarkoitetaan yksinkertaisia tehtäviä, joissa kyse on äänteiden tuottamisesta tai havaitsemisesta. Korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävillä sen sijaan tarkoitetaan monimutkaisempia tehtäviä, joissa sisältöä tarvitsee lisäksi jollain tapaa muokata mielessä. Tällaisia ovat esimerkiksi tehtävät, joissa täytyy vaihtaa tai poistaa sanan sisältämiä äänteitä. Sisällön muokkausta vaativien tehtävien suorittaminen edellyttää matalan kognitiivisen kuormituksen tehtäviin verrattuna vaativampaa prosessointia ja asettaa enemmän kuormitusta työmuistille, tarkkaavuudelle ja toiminnanohjaukselle. Äännetietoisuustutkimuksen perusteella tiedetään, että eri tyyppiset äännetietoisuustehtävät vaihtelevat vaikeusasteeltaan ja lapsen kyky suorittaa erilaisia äännetietoisuustehtäviä kehittyy vähitellen yksinkertaisemmista kognitiivisista operaatioista, kuten tunnistamisesta, monimutkaisempiin operaatioihin, kuten sisällön muokkaamiseen mielessä (Anthony, Lonigan, Driscoll, Phillips, & Burgess, 2003). On esimerkiksi tyypillistä, että lapsi oppii tunnistamaan samankaltaiselta kuulostavia sanoja ennen kuin hän kykenee muuntelemaan sanojen sisältämiä äänteitä mielessään (Anthony ym., 2003). Lisäksi tiedetään, että kehitys ei vaikuttaisi olevan tiukasti erillisissä vaiheissa etenevää, vaan myös aikaisemmin opitut äännetietoisuustaidot kehittyvät tarkemmiksi lapsen oppiessa yhä monimutkaisempia äännetietoisuustaitoja (Anthony ym., 2003).

On viitteitä siitä, että lukivaikeus saattaa liittyä heikkoon suoriutumiseen etenkin korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaidoissa. Tästä on saatu näyttöä Ramusin ym. (2013) tutkimuksessa, johon osallistui 5-12 -vuotiaita englanninkielisiä lapsia. Tutkimuksessa havaittiin, että äännetaitotehtävät jakautuivat matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin ja että sanavarastoa ja kielen rakenteiden hallintaa mittaavat tehtävät muodostivat kolmannen, muiden kielellisten taitojen komponentin. Tutkimuksessa vertailtiin lukilasten, lasten joilla on kehityksellinen kielihäiriö sekä tavanomaisesti kehittyvien lasten suoriutumista havaituilla komponenteilla. Lukilasten suoriutuminen muissa kielellisissä taidoissa ei eronnut tavanomaisesti kehittyvistä lapsista. Lisäksi vain vähemmistö lukilapsista suoriutui heikosti matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävistä, joissa kyse oli yksinkertaisten sanojen tai epäsanojen tuottamisesta tai kuulonvaraisesta erottelusta. Alhaisen kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävien tulkittiin heijastavan äännerepresentaatioiden tarkkuutta ja tähän perustuen Ramus ym. esittivät lukilasten kohtalaisen normaalin suoriutumisen tukevan näkemystä siitä, ettei lukivaikeuksisilla näyttäisi ilmenevän merkittäviä puutteita äännerepresentaatioissa. Kyseisessä tutkimuksessa suurin osa

lukilapsista sen sijaan suoriutui heikosti äännetaitotehtävissä, joissa kognitiivinen kuormitus oli korkeampi. Näissä tehtävissä lapsen tuli esimerkiksi vaihtaa sanojen äänteitä toisiin. Korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävien tulkittiin mittaavan kykyä hyödyntää äännerespresentaatioiden tietoa erilaisissa mielensisäisissä operaatioissa, mikä edellyttää tarkkojen äännerespresentaatioiden lisäksi myös muita kognitiivisia taitoja, kuten työmuistia. Näissä äännerespresentaatioiden hyödyntämisessä tarvittavissa taidoissa lukivaikeuksilla vaikuttaisi siis tutkimuksen perusteella olevan vaikeuksia. Se, että lukivaikeuksisten suoriutuminen matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävissä erosi toisistaan tukee mahdollisuutta, että näissä saattaa olla kyse kahdesta osittain erillisestä taidosta. Kyseiseen tutkimukseen liittyen on kuitenkin huomattava, että tutkimuksessa tarkasteltiin samassa pääkomponenttianalyysissä verrokkeja, lukilapsia, lapsia, joilla oli kielellisen kehityksen erityisvaikeus ja lapsia, joilla oli sekä kielellisen kehityksen erityisvaikeus että lukivaikeus. Se, että näitä ryhmiä ei eroteltu toisistaan, heikentää havaitun kielellisten taitojen rakenteen yleistämistä mihinkään näistä ryhmistä yksinään. On siis epäselvää, että mikäli äännetaidot jakautuvat kognitiivisen kuormituksen perusteella ilmeneekö tämä jako kaikilla kielellisistä taidoista riippumatta vai pelkästään joillakin ryhmillä.

Ramusin ym. (2013) tulosten toistettavuudesta ei ole vielä tietoa, koska vastaavia tutkimuksia ei tiettävästi ole tähän mennessä tehty. Jonkinlaista tietoa antavat tutkimukset, joissa on tarkasteltu äännetietoisuuden jakautumista kognitiivisen kuormituksen perusteella. Äännetietoisuustutkimuksessa yhtenä kiinnostuksen kohteena on ollut kysymys siitä, onko kyvyssä suorittaa matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetietoisuustehtäviä kyse erillisistä taidoista vai saman taidon kehityksellisestä jatkumosta. Kysymystä taitojen erillisyydestä on pyritty selvittämään faktorianalyysillä. Osittain erillisten taitojen näkemystä tukevat tutkimukset, joissa on havaittu äännetietoisuustehtävien jakautuvan kahteen osaan tehtävän vaikeusasteen tai työmuistikuormituksen perusteella. Tällaisia tuloksia on saatu muun muassa tutkimuksessa, johon osallistui 4-19 -vuotiaita englanninkielisiä lapsia ja nuoria (Choi ym., 2017). Kyseisessä tutkimuksessa äännetietoisuustehtävät jakautuivat kahdelle pääkomponentille. Toisen komponentin tulkittiin heijastavan kykyä tunnistaa ja yhdistellä äänteitä ja toisen vaativampana prosessointina pidettyä äänteiden muuntelua ja erottelua. Kirjoittajien mukaan äänteiden muuntelu ja erottelu ovat siksi vaativampia toimintoja, että ne kuormittavat enemmän työmuistia ja mahdollisesti myös toiminnanohjausta ja tarkkaavuutta (Choi ym., 2017). Vastaavanlaisia tuloksia on havaittu myös englanninkielisillä alle kouluikäisillä lapsilla (Yopp, 1988). Tässäkin tutkimuksessa äännetietoisuustehtävät jakautuivat kahteen osaan ja jaon tulkittiin heijastavan tehtävän kognitiivisille resursseille kuten työmuistille aiheuttamaa kuormitusta (Yopp, 1988). Toisaalta muun

muassa Schatschneider, Francis, Foorman, Fletcher ja Mehta (1999) ja Anthony ym. (2002) ovat havainneet yhden faktorin mallin sopivan aineistoon parhaiten. Kummassakin tutkimuksessa koehenkilöt olivat englanninkielisiä lapsia. Erilaisten äännetietoisuustehtävien ei siis näissä tutkimuksissa havaittu jakautuvan erillisiksi taidoiksi. Tällaiset tulokset tukevat näkemystä, jonka mukaan äännetietoisuus on yhtenäinen taito riippumatta kognitiivisen kuormituksen määrästä. Tämänhetkisen tutkimustiedon pohjalta ei siis ole vielä selvää, jakautuuko äännetietoisuus osittain erillisiin taitoihin kognitiivisen kuormituksen perusteella. Lisäksi on mahdollista, että lasten ikä, äidinkieli ja mahdolliset kielelliset vaikeudet vaikuttavat siihen, havaitaanko tällaista jakautumista. Tulosten ristiriitaisuus tukee sitä, että äännetaitojen jakautumista kognitiivisen kuormituksen perusteella on hyvä tutkia lisää.

### 1.6 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Tutkimuksessa haluttiin selvittää, ilmeneekö suomenkielisillä lapsilla Ramusin ym. (2013) englanninkielisillä lapsilla havaitsema rakenne, jossa kielellisiä taitoja mittaavat neurokognitiiviset testit jakautuivat korkean ja matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin ja muihin kielellisiin taitoihin. Lisäksi haluttiin tarkastella, onko perinnöllinen lukivaikeusriski yhteydessä tavanomaisesta kehityksestä poikkeavaan kielellisten taitojen rakenteeseen.

Tutkimuskysymykset ja hypoteesit asetettiin seuraavasti

1. Millainen on kielellisten taitojen rakenne suomenkielisillä lapsilla?
2. Onko kielellisten taitojen rakenteessa eroja lukiriskilasten ja verrokkilasten välillä?
3. Jakautuvatko äännetaidot matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin?

Hypoteesiksi asetettiin Ramusin ym. (2013) tuloksiin perustuen, että kielelliset taidot jakautuvat kummallakin ryhmällä äännetaitoihin ja muihin kielellisiin taitoihin ja että äännetaidot jakautuvat edelleen korkean kognitiivisen kuormituksen ja matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin.

## 2. Menetelmät

### 2.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen aineisto koostui 152 lapsesta, joista 84:llä arvioitiin olevan perinnöllinen lukivaikeusriski (iän keskiarvo 8.0, vaihteluväli 7.5–8.6 vuotta, tyttöjä 55%, poikia 45%). Nämä lapset muodostivat lukiriskiryhmän. Lopuilla 68 lapsella ei kyseistä riskiä ilmennyt ja he muodostivat verrokkiryhmän (iän keskiarvo 8.1, vaihteluväli 7.5–9.0 vuotta, tyttöjä 52%, poikia 48%).

Tutkimuksessa käytettiin Puheen havaitsemisen kehitys ja sen ongelmien ennakointi lapsilla -hankkeessa kerättyä aineistoa ensimmäisellä luokalla vuosina 2011–2012 tehtyjen mittausten osalta. Lapset oli lisäksi tutkittu sekä esikouluikäisinä että viidennen luokan aikana neurokognitiivisilla testeillä, ja esikouluikäisinä myös aivosähkökäyräkokeella. Tutkimushankkeessa oli mukana myös Asperger-taustaisia lapsia, mutta heidän tuloksiaan ei käsitellä tässä työssä. Tutkimukseen osallistuneet lapset olivat 2003 tai 2004 syntyneitä ja he tulivat tutkimukseen mukaan perheelle postitse lähetetyn kutsun kautta. Tiedote tutkimuksesta lähetettiin postinumeron perusteella yhteensä viideltätuhannelle perheelle Helsingissä ja Vantaalla. Kutsut kohdennettiin suomea äidinkielenään puhuville lapsille. Kutsuista tuhat lähetettiin syksyllä 2009 helsinkiläisperheille, joissa oli vuonna 2003 syntynyt lapsi ja neljätuhatta kesällä 2010 helsinkiläis- ja vantaalaisperheille, joissa oli vuonna 2004 syntynyt lapsi. Tutkimukseen osallistumisesta kiinnostuneet vanhemmat täyttivät taustatietolomakkeen, joiden perusteella tutkimukseen osallistuneet lapset valittiin. Tutkimukseen osallistuvien lasten vanhemmat täyttivät lisäksi suostumuslomakkeen ja vanhempia koskevan taustatietolomakkeen. Osallistuvilta lapsilta arvioitiin, oliko heillä perinnöllistä lukivaikeusriskiä. Lapsella arvioitiin olevan perinnöllinen lukivaikeusriski, mikäli vanhemmalta saadun tiedon perusteella vähintään yhdellä lapsen lähisukulaisella (vanhemmat, sisarukset, isovanhemmat, vanhempien sisarukset) ilmeni lukemisen vaikeutta. Lukiriskiryhmässä 86%:lla lapsista lukemisen vaikeutta esiintyi 1. asteen sukulaisella eli vanhemmalla tai sisaruksella. Lopuilla 14%:lla kyseessä oli 2. asteen sukulainen. Vanhemmilta saatujen tietojen perusteella osallistuneilla lapsilla itsellään tai heidän lähisuvussaan ei mahdollista lukivaikeutta lukuun ottamatta ilmennyt neurologisia tai psykiatrisia vaikeuksia. Vanhempien kertoman mukaan kaikilla tutkimukseen osallistuneilla oli normaali kuulo.

### 2.2 Tutkimuksen kulku

Neurokognitiivisiin testeihin kului yhden koehenkilön osalta aikaa noin 2-3 tuntia. Tässä työssä hyödynnettiin ainoastaan niitä testituloksia, jotka liittyivät kielellisiin taitoihin. Tutkimukseen sisältyi

kolme taukoa, joiden aikana tutkittava lapsi sai vanhempiensa luvalla välipalaa ja pieniä tavarapalkintoja motivaation ylläpitämiseksi. Tutkittava lapsi sai tarvittaessa pitää taukoja enemmänkin kuin kolme. Korvauksesi tutkimukseen osallistumisesta lapsi sai vapaavalintaisesti joko elokuvalipun tai 6 euroa jokaista alkavaa tuntia kohden matkat mukaan lukien. Myös matkakulut korvattiin. Vanhemmat saivat halutessaan palautetta lapsen suoriutumisesta jälkikäteen puhelimitse.

### 2.3 Neurokognitiiviset testit

*Äänteiden käsittely.* Äännetietoisuutta ja taitoa käsitellä äänteitä arvioitiin NEPSY-II -tehtäväsarjan (Korkman, Kirk, & Kemp, 2008) tehtävällä Äänteiden prosessointi ja NEPSY-I -tehtäväsarjan (Korkman, Kirk, & Kemp, 1998) tehtävällä Merkityksettömien sanojen toistaminen. Äänteiden prosessointi -tehtävän ensimmäisessä osassa lapselle esitettiin samanaikaisesti neljää kuvaa. Ensin tarkistettiin, että lapsi osasi yhdistää kunkin kuvan sitä vastaavaan nimeen. Tämän jälkeen tutkija lausui tavu kerrallaan kunkin kuvan nimen ja lapsen tehtävänä oli osoittaa sitä kuvaa, jonka nimi sanottiin. Tehtävän toisessa osassa lapselle esitettiin kolme kuvaa ja tutkija nimesi nämä lapselle. Seuraavaksi lapselle lausuttiin vain osa jonkin kuvan nimestä ja hänen tuli osoittaa, mistä kuvasta oli kyse. Kolmannessa osassa lapselle lausuttiin sana, joka hänen tuli toistaa ja sen jälkeen häntä pyydettiin sanomaan kyseinen sana uudestaan, mutta jättämään tietty osa siitä sanomatta. Tehtävän neljännessä osassa lapsi jälleen toisti ensin tutkijan lausuman sanan, minkä jälkeen hänen tuli sanoa se uudestaan, mutta muuttaa tietty osa sanasta ohjeen mukaisesti. Mikäli lapsi vastasi kuusi kertaa peräkkäin väärin, tehtävä keskeytettiin. Merkityksettömien sanojen toistaminen -tehtävässä lapselle esitettiin tietokoneen kautta nauhalta merkityksettömiä sanoja ja lapsen tuli toistaa perässä kuulemansa sana. Sanoja oli yhteensä 16 ja jokaisesta oikein toistetusta sanasta sai yhden pisteen. Tilastollisissa analyyseissa käytettiin tehtävien standardipisteitä.

*Nopea sarjallinen nimeäminen.* Tehtävässä käytettiin Nopean sarjallisen nimeämisen testin (Rapid Automatized Naming Test; Ahonen, Tuovinen, & Leppäsaari, 1999) tauluja värit ja esineet. Kumpikin taulu sisälsi viisi aihepiirin mukaista yksikköä, jotka toistuivat vaihtelevassa järjestyksessä. Lapsen tehtävänä oli nimetä tauluissa esiintyvät värit ja esineet mahdollisimman nopeasti ja tarkasti. Jokaisen taulun kohdalla lapsi suoritti ennen varsinaista tehtävää harjoitusjakson, jossa varmistettiin lapsen osaavan nimetä taulun yksiköt. Tarvittaessa yksiköiden nimet opetettiin lapselle ennen varsinaisen nimeämistehtävän aloittamista. Tehtävä arvioitiin nimeämiseen käytetyn ajan perusteella. Muuttujien muodostamisessa käytettiin kahden taulun nimeämiseen kulunutta aikaa sekunteina siten, että ajassa huomioitiin virheet, joissa lapsi oli jättänyt rivin välistä tai nimennyt saman rivin kahteen kertaan.



*Nimeäminen.* Nimeämistä eli sanojen hakemista muistista arvioitiin Bostonin nimeämistestillä (the Boston Naming Test; Laine, Koivuselkä-Sallinen, Hänninen, & Niemi, 1997). Tehtävässä lapselle esitettiin paperilla yksi kerrallaan kuvia, jotka hänen tuli nimetä. Jos lapsi ei tunnistanut mitä kuva esittää tai tulkitse sen esittävän jotakin toista asiaa, hänelle annettiin kuvaileva vihje. Kuvia esitettiin yhteensä 60 ja jokaisesta oikein nimetystä kuvasta sai yhden pisteen. Kuvailevien vihjeiden määrä ei vaikuttanut pisteytykseen.

*Kielellisten ohjeiden ymmärtäminen.* Kielellisesti annettujen ohjeiden ymmärtämistä arvioitiin NEPSY-II:n (Korkman ym., 2008) Ohjeiden ymmärtäminen -tehtävällä. Tehtävän jokaisessa osiossa lapselle annettiin suullisesti ohjeet osoittaa yhtä tai useampaa paperilla esitetyistä yksinkertaisista kuvioista. Jokaisesta oikein menneestä osiosta sai yhden pisteen. Enintään tehtävästä oli mahdollista saada 33 pistettä. Tilastollisissa analyyseissä käytettiin tehtävän standardipisteitä.

*Kielellinen työmuisti.* Kielellistä työmuistia arvioitiin WISC-III -tehtäväsarjan (Wechsler Intelligence scales for Children - Third Edition; Wechsler, 1999) tehtävällä Numerosarjat eteenpäin ja taaksepäin sekä NEPSY-II:n (Korkman ym., 2008) tehtävällä Sanalistat. Numerosarjat eteen- ja taaksepäin – tehtävässä lapsen tuli toistaa hänelle lueteltuja numerosarjoja. Ensimmäisessä osassa lasta pyydettiin toistamaan numerosarjat samassa järjestyksessä kuin ne oli hänelle lueteltu, toisessa osassa puolestaan käänteisessä järjestyksessä. Kummassakin osiossa oli 16 numerosarjaa ja jokaisesta oikein luetellusta numerosarjasta sai yhden pisteen. Suoriutumista numeroiden toistamisessa eteen- ja taaksepäin käytettiin tutkimuksessa erillisinä muuttujina raakapisteiden mukaan.

NEPSY-II:n tehtävässä Sanalistat lapsen tuli ensimmäisessä osassa toistaa hänelle lueteltuja sanasarjoja niiden esittämisjärjestyksessä. Sanasarjoja oli yhteensä 20 ja kustakin täysin oikein toistetusta sanasarjasta sai yhden pisteen. Tehtävän toisessa osassa lapsen tuli viivästetysti luetella muistista hänelle tehtävän ensimmäisessä osassa esitetyt sanasarjat niiden esittämisjärjestyksessä. Jokaisesta sanasarjasta, jonka lapsi toisti viivästetysti täysin oikein, sai kaksi pistettä. Mikäli sanasarjan sanat olivat oikein, mutta väärässä järjestyksessä, lapselle annettiin yksi piste. Koko tehtävästä oli mahdollista saada yhteensä 60 pistettä. Tilastollisissa analyyseissä käytettiin tehtävän standardipisteitä.

## 2.4 Tutkimuksessa testattavan kielellisten taitojen mallin muodostaminen

Neurokognitiiviset testit jaettiin hypoteesin mukaisesti Ramusin ym. (2013) tuloksiin pohjautuen korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin, matalan kognitiivisen kuormituksen

äännetaitoihin ja muihin kielellisiin taitoihin. Matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävät erosivat korkean kognitiivisen kuormituksen tehtävistä siten, että ne eivät edellyttäneet sisällön muokkaamista mielessä tai viivästettyä toistamista, vaan ainoastaan sisällön välitöntä toistamista. Tällä tavoin muodostettu kielellisten taitojen malli on kuvattu taulukossa 1. Malli pyrittiin rakentamaan mahdollisimman tarkasti Ramusin ym. tutkimusta vastaavaksi. Tässä tutkimuksessa käytettyjen neurokognitiivisten testien vastaavuus Ramusin ym. käyttämiin testeihin on esitetty liitteessä 1.

## Taulukko 1

Malli kielellisten taitojen rakenteesta perustuen Ramusin ym. (2013) tulokseen

Neurokognitiivinen testi	Matalan kuormituksen äännetaidot	Korkean kuormituksen äännetaidot	Muut kielelliset taidot
WISC-III Numerosarjat eteenpäin	+		
NEPSY-I Merkityksettömien sanojen toistaminen	+		
Nopea sarjallinen nimeäminen		+	
NEPSY-II Sanalistat		+	
NEPSY-II Äänteiden prosessointi		+	
WISC-III Numerosarjat taaksepäin		+	
Bostonin nimeämistesti			+
NEPSY-II Ohjeiden ymmärtäminen			+

## 2.5 Konfirmatorinen ja eksploratiivinen faktorianalyysi

Konfirmatorisella faktorianalyysillä pyrittiin selvittämään, sopiiko aineistoon hypoteesin mukainen kielellisten taitojen rakenne, jossa neurokognitiiviset testit jakautuvat taulukossa 1 kuvatun mallin mukaisesti. Jotta analyysi vastasi mahdollisimman hyvin Ramusin ym. (2013) tutkimusta ja tulokset olisivat verrattavissa, analyysi tehtiin koko aineistolle ilman ryhmäjakoja lukiriskin mukaan. Estimointimenetelmänä käytettiin suurimman uskottavuuden menetelmää ja analyysi suoritettiin R:n versiolla 3.5.2 (R Core Team, 2018) paketilla *lavaan* (v0.6-3; Rosseel, 2012).

Aineistolle tehtiin konfirmatorisen faktorianalyysin lisäksi eksploratiivinen faktorianalyysi, jotta saataisiin tarkempaa tietoa siitä, millainen kielellisten taitojen rakenne aineistoon sopii. Eksploratiivisella faktorianalyysillä pyrittiin lisäksi selvittämään, eroaako kielellisten taitojen

rakenne verrokkiryhmän ja lukiriskiryhmän välillä ja siksi analyysi tehtiin ryhmille erikseen. Neurokognitiivisten testien oletettiin myös eksploratiivisessa faktorianalyysissä jakautuvan taulukossa 1 kuvatus mallin mukaisesti kolmelle faktorille ja tämän vuoksi eksploratiiviset faktorianalyysit tehtiin kolmen faktorin mallilla. Analyysissä käytettiin suurimman uskottavuuden menetelmää. Eksploratiivisen faktorianalyysin tulokset rotatoitiin VARIMAX-rotatiolla kuten Ramusin ym. (2013) tutkimuksessa tulosten verrattavuuden vuoksi. Eksploratiivinen faktorianalyysi tehtiin R:n versiolla 3.5.2 (R Core Team, 2018) paketilla *psych* (v1.8.12; Revelle, 2018).

### 3. Tulokset

#### 3.1 Verrokkiryhmän ja lukiriskiryhmän suoriutuminen neurokognitiivisissa testeissä

Koehenkilöiden suoriutuminen neurokognitiivisissa testeissä on kuvattu ryhmäkohtaisesti taulukossa 2. Lukiriskiryhmän suoriutuminen oli kaikissa neurokognitiivisissa testeissä hieman verrokkiryhmää heikompaa. Tilastollisesti merkitseviä erot olivat kuitenkin vain tehtävässä NEPSY-II Äänteiden prosessointi, jossa lukiriskiryhmä suoriutui keskimäärin 1.4 standardipistettä verrokkiryhmää heikommin ja tehtävässä NEPSY-II Ohjeiden ymmärtäminen, jossa suoriutuminen oli keskimäärin yhden standardipisteen heikompaa. Kummassakin tehtävässä myös lukiriskiryhmän keskitaso oli kuitenkin ikäryhmän keskitasoa. Myös neurokognitiivisten testien välisissä korrelaatioissa oli eroja ryhmien välillä. Testien väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 2

Verrokkiryhmän ja lukiriskiryhmän suoriutuminen neurokognitiivisissa testeissä

	verrokkiryhmä		lukiriskiryhmä		<i>F</i> (1)	<i>p</i>
WISC-III Numerosarjat eteenpäin	6.59	(1.08)	6.43	(1.32)	0.64	0.42
NEPSY-I Merkityksettömät sanat	9.62	(1.75)	8.98	(2.47)	3.25	0.07
Nopea sarjallinen nimeäminen	116.16	(22.02)	118.92	(24.38)	0.52	0.47
NEPSY-II Sanalistat	9.82	(2.37)	9.64	(2.36)	0.22	0.64
NEPSY-II Äänteiden prosessointi	10.78	(2.77)	9.37	(2.84)	9.46	0.002 **
WISC-III Numerosarjat taaksepäin	3.88	(1.26)	3.55	(1.14)	2.93	0.09
Bostonin nimeämistesti	44.72	(4.44)	43.90	(5.36)	1.01	0.32
NEPSY-II Ohjeiden ymmärtäminen	11.19	(2.49)	10.21	(2.97)	4.69	0.03 *

\*\*\*  $p < .001$ , \*\*  $p < .01$ , \*  $p < .05$ . Nopean sarjallisen nimeämisen testissä on käytetty aikaa sekunteina ja suurempi arvo viittaa näin ollen heikompaan suoriutumiseen.

### Taulukko 3

Neurokognitiivisten testien väliset korrelaatiot verrokkilapsilla (diagonaalin alapuolella) ja lukiriskilapsilla (diagonaalin yläpuolella)

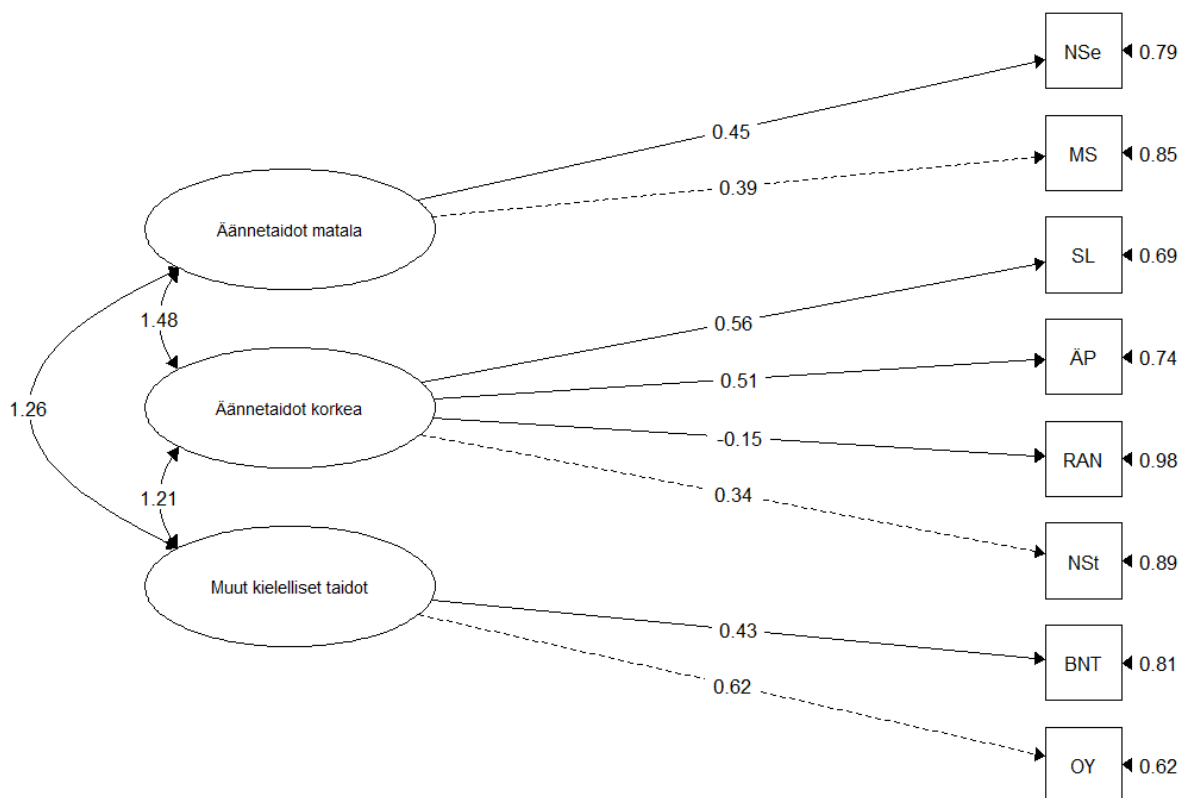
	NSe	MS	RAN	SL	ÄP	NSt	BNT	OY
NSe		.18	-.10	.52***	.16	.30**	.30**	.31**
MS	.14		.07	.32**	.42***	.22*	.42***	.27*
RAN	-.20	.16		-.20	-.13	-.27*	.03	-.29**
SL	.50***	.16	-.18		.11	.27*	.31**	.35***
ÄP	.24	.22	-.07	.31**		.32**	.33**	.47***
NSt	.13	.18	-.15	.00	.21		.21	.27*
BNT	.10	.15	-.08	.25*	.16	-.04		.31**
OY	.35**	.21	-.06	.35**	.40***	.19	.17	

\*\*\*  $p < .001$ , \*\*  $p < .01$ , \*  $p < .05$

Lyhenteiden selitteet: NSe = Numerosarjat eteenpäin, MS = Merkityksettömät sanat, RAN = Nopea sarjallinen nimeäminen, SL = Sanalistat, ÄP = Äänteiden prosessointi, NSt = Numerosarjat taaksepäin, BNT = Bostonin nimeämistesti, OY = Ohjeiden ymmärtäminen.

### 3.2 Konfirmatorinen faktorianalyysi

Konfirmatorisen faktorianalyysin tulosten perusteella taulukossa 1 kuvatus mallin sopivuus aineistoon oli heikko. Mallin  $\chi^2$  arvo oli 46.03 ( $df=17$ ,  $p < .001$ ), RMSEA oli 0.11 (90%:n luottamusväli 0.07 – 0.14), CFI oli 0.84 ja TLI oli 0.74. RMSEA näin ollen ylitti hyvän sopivuuden raja-arvona pidetyn 0.05:n ja CFI ja TLI alittivat raja-arvona pidetyn 0.90. Muuttujien lataukset ja faktorien väliset korrelaatiot on esitetty kuvassa 2. Latenttien tekijöiden kovarianssimatriisin estimointi ei onnistunut normaalisti ja estimaatit faktorien korrelaatioista olivat yli 1.0.



Kuva 2. Faktorilataukset ja faktorien väliset korrelaatiot konfirmatorisessa faktorianalyysissä. Lyhenteiden selitteet: NSe = Numerosarjat eteenpäin, MS = Merkityksettömät sanat, SL = Sanalistat, ÄP = Äänteiden prosessointi, RAN = Nopea sarjallinen nimeäminen, NSt = Numerosarjat taaksepäin, BNT = Bostonin nimeämistesti, OY = Ohjeiden ymmärtäminen, Äännetaidot matala = matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaidot, Äännetaidot korkea = korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaidot.

### 3.3 Eksploratiivinen faktorianalyysi

Eksploratiivisen faktorianalyysin tulosten perusteella kolmen faktorin malli sopi aineistoon sekä verrokkiryhmällä että lukiriskiryhmällä, mutta neurokognitiivisten testien latautumisessa faktoreille oli eroja ryhmien välillä. Neurokognitiiviset testit eivät kummallakaan ryhmällä jakautuneet faktoreille taulukossa 1 esitetyn mallin mukaisesti. Testien latautuminen eksploratiivisessa faktorianalyysissä on kuvattu taulukoissa 4 (verrokkiryhmä) ja 5 (lukiriskiryhmä). Verrokkiryhmällä kolmen faktorin mallin RMSEA oli 0 (90%:n luottamusväli 0 – 0.07) ja TLI 1.41. Lukiriskiryhmällä RMSEA oli 0 (90%:n luottamusväli 0 – 0.12) ja TLI 1.06. Kummallakin ryhmällä sekä RMSEA että TLI viittasivat näin ollen hyvään sopivuuteen.

#### Taulukko 4

Neurokognitiivisten testien latautuminen kolmelle faktorille verrokkiryhmällä eksploratiivisessa faktorianalyysissä VARIMAX rotaatiolla

Neurokognitiivinen testi	Faktori 1	Faktori 2	Faktori 3	Kommunaliteetti
WISC-III Numerosarjat eteenpäin	.25	<b>.50</b>	-.10	.33
NEPSY-I Merkityksettömät sanat	.35	.16	.21	.19
Nopea sarjallinen nimeäminen		-.17	<b>.98</b>	1.00
NEPSY-II Sanalistat		<b>.98</b>		.96
NEPSY-II Äänteiden prosessointi	<b>.52</b>	.30		.37
WISC-III Numerosarjat taaksepäin	.42		-.13	.19
Bostonin nimeämistesti	.12	.25		.08
NEPSY-II Ohjeiden ymmärtäminen	<b>.53</b>	.34		.40

Taulukossa on kuvattu lataukset, jotka olivat yli 0.1. Vahvimmat lataukset (yli 0.5) on tummennettu.

#### Taulukko 5

Neurokognitiivisten testien latautuminen kolmelle faktorille lukiriskiryhmällä eksploratiivisessa faktorianalyysissä VARIMAX rotaatiolla

Neurokognitiivinen testi	Faktori 1	Faktori 2	Faktori 3	Kommunaliteetti
WISC-III Numerosarjat eteenpäin	.17	<b>.58</b>	.14	.38
NEPSY-I Merkityksettömät sanat	<b>.56</b>	.32	-.14	.43
Nopea sarjallinen nimeäminen			<b>-.70</b>	.51
NEPSY-II Sanalistat	.12	<b>.81</b>	.18	.70
NEPSY-II Äänteiden prosessointi	<b>.82</b>		.23	.73
WISC-III Numerosarjat taaksepäin	.30	.23	.32	.25
Bostonin nimeämistesti	.46	.36		.35
NEPSY-II Ohjeiden ymmärtäminen	.47	.28	.39	.45

Taulukossa on kuvattu lataukset, jotka olivat yli 0.1. Vahvimmat lataukset (yli 0.5) on tummennettu.

## 4. Pohdinta

Kielellisillä taidoilla on yhteiskunnassamme merkittävä rooli ja siksi on tärkeää pyrkiä ymmärtämään tarkasti, millaisista taidoista kielelliset taidot muodostuvat ja miten nämä taidot ovat yhteydessä

toisiinsa. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kielellisten taitojen rakennetta suomenkielisillä verrokki- ja lukiriskilapsilla keskittyen etenkin äännetaitoihin. Tulokset eivät antaneet tukea sille, että kielelliset taidot jakautuisivat matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin ja muihin kielellisiin taitoihin. Sen sijaan tutkimuksessa havaittiin, että sekä verrokeilla että lukiriskilapsilla kielellinen lyhytkestoinen muisti ja nopea automatisoitunut nimeäminen erottuivat muista toiminnoista osittain erillisiksi taidoiksi. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että äännetaitojen osalta kielellisten taitojen rakenne erosi lukiriskilasten ja verrokkilasten välillä; verrokeilla muodostui äännetaitoja ja muita vaativampia kielellisiä toimintoja yhdistävä faktori, mutta lukiriskilapsilla äännetaidot sen sijaan erottuivat selkeämmin omaksi taidokseen.

#### 4.1 Konfirmatorinen faktorianalyysi

Konfirmatorisen faktorianalyysin tulokset eivät hypoteesista poiketen tukeneet Ramusin ym. (2013) havaitsemaa rakennetta, jossa kielelliset taidot jakautuivat matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin ja muihin kielellisiin taitoihin (Ramus ym., 2013). Tulosten voidaan sen sijaan katsoa olevan yhteneviä aiempien äännetietoisuutta koskevien tutkimusten kanssa, joissa jakoa kognitiivisen kuormituksen perusteella ei havaittu (Anthony ym., 2002; Schatschneider ym., 1999). Mahdollisia syitä sille, miksi hypoteesin mukainen malli ei sopinut tutkimuksen aineistoon on useita. On huomattava, että tähän tutkimukseen osallistuneet lapset erosivat Ramusin ym. (2013) tutkimukseen osallistuneista lapsista iän, äidinkielen ja kielellisen kehityksen suhteen ja lisäksi tutkimuksissa käytetyt neurokognitiiviset testit erosivat toisistaan. Erot tämän tutkimuksen ja Ramusin ym. tulosten välillä saattavat näin ollen heijastaa eroja tutkimuksiin osallistuneiden lasten kielellisten taitojen välillä ja toisaalta erot saattavat jossain määrin selittyä sillä, että tutkimuksissa käytetyt neurokognitiiviset testit mittasivat osittain eri asioita.

Tässä tutkimuksessa käytetyt neurokognitiiviset testit erosivat sisällöllisesti Ramusin ym. (2013) käyttämistä testeistä etenkin matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitoja ja muita kielellisiä taitoja mitanneiden tehtävien osalta. Testien sisällöllisten erojen lisäksi näiden taitojen mittaamiseen käytettiin tässä tutkimuksessa selkeästi pienempää määrää testejä kuin Ramusin ym. tutkimuksessa. Myös korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitojen mittaamiseen käytettiin suurimmaksi osaksi eri tehtäviä kuin Ramusin ym. (2013) tutkimuksessa, mutta tehtävien määrän ja mitattujen taitojen osalta tutkimukset vastasivat melko hyvin toisiaan. Erona voidaan kuitenkin mainita se, että tässä tutkimuksessa nopean automatisoituneen nimeämisen mittaamisessa ei käytetty numeroita kuten Ramusin ym. (2013) tutkimuksessa, vaan värejä ja esineitä. Tällä on saattanut olla merkitystä, sillä on viitteitä siitä, että numeroiden ja kirjainten nimeäminen on osittain eri taito kuin muiden asioiden

nimeäminen. Lukutaidon on nimittäin havaittu olevan vahvemmin yhteydessä suoriutumiseen numeroiden ja kirjainten nimeämisessä (Bos, Zijlstra, & Spelberg, 2002) ja lukilasten on havaittu suoriutuvan heikommin numeroiden nimeämisestä, mutta ei esineiden nimeämisestä (de Jong & van der Leij, 2003). On myös mahdollista, että kirjainten ja värien tai esineiden nimeäminen on laadullisesti eri tavoin yhteydessä lukutaitoon. Saattaa olla, että kirjainten nopea nimeäminen mittaa vahvemmin sitä, kuinka nopeasti äänteet ovat haettavissa muistista, mikä on tärkeää silloin kun lukeminen tapahtuu muuntamalla kirjaimia äänteiksi. Sen sijaan värien ja esineiden nimeäminen saattaa liittyä vahvemmin siihen, miten nopeasti visuaalinen assosioituu johonkin sanaan, mikä on tärkeä taito sanahahmon tunnistamiseen perustuvassa nopeassa lukemisessa.

Matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitojen osalta keskeisenä erona Ramusin ym. (2013) tutkimukseen on se, että toisin kuin tässä tutkimuksessa, heidän tutkimuksessaan käytettiin useita yksinkertaisia tehtäviä, joissa tuli toistaa, tunnistaa tai erotella äänteitä tai lyhyitä epäsanvoja. Heidän tutkimuksessaan matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitofaktorille latautui vahvimmin tehtävä, jossa mitattiin artikulaatiota, eli kykyä tuottaa äänteitä oikein. Kyseisessä tehtävässä lapsen tuli nimetä kuvia ja pisteen sai jokaisesta oikein tuotetusta äänneestä. Tällaista artikulaatiota mittaavaa tehtävää ei tässä tutkimuksessa ollut mukana ollenkaan. Epäsanvojen toistamista sen sijaan mitattiin tässäkin tutkimuksessa, mutta NEPSY-I tehtäväsarjan Merkityksettömät sanat -tehtävä erosi Ramusin ym. käyttämästä tehtävästä. Siinä missä Ramusin ym. käyttämässä tehtävässä kaikki sanat olivat kaksitavuisia ja konsonantit ja vokaalit vuorottelivat säännönmukaisesti, Merkityksettömät sanat -tehtävän sanat eivät noudattaneet mitään tiettyä säännönmukaisuutta ja lisäksi sanat muuttuivat monimutkaisemmiksi tehtävän edetessä. Kyse oli siis olennaisesti monimutkaisemmasta tehtävästä. Ramus ja kumppanit (2013) huomauttavat, että tällaisten monimutkaisempien epäsanvojen toistamistehtävien heikkoutena on se, että ne edellyttävät useita eri taitoja. Tämän vuoksi heikko suoriutuminen voi johtua useasta muustakin tekijästä kuin äänneresentraatioista, joita matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävien olisi ensisijaisesti tarkoitus mitata. Muita suoriutumiseen vaikuttavia tekijöitä voivat olla esimerkiksi työmuisti ja tarkkaavuus. Merkityksettömät sanat -tehtävän lisäksi myös WISC-III -tehtäväsarjan Numerosarjat eteen- ja taaksepäin -tehtävän eteenpäin toistamisen oletettiin tässä tutkimuksessa mittaavan matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitoja, koska tehtävä ei edellytä sisällön muokkaamista vaan pelkästään toistamista. Kyseinen tehtävä oli mukana myös Ramusin ym. tutkimuksessa, mutta heidän tutkimuksessaan numerosarjojen toistamista eteen- ja taaksepäin ei erotettu toisistaan ja tehtävä latautui korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin. On huomattava, että sekä Merkityksettömät sanat että Numerosarjat eteenpäin ovat sellaisia, että tehtävän edetessä toistettavan



sisällön määrä kasvaa, mikä lisää vaatimuksia etenkin työmuistin suhteen. Ei näin ollen ole selvää, voidaanko näitä tehtäviä pitää matalan kognitiivisen kuormituksen tehtävinä. Saattaa olla, että tehtävät, joita tässä tutkimuksessa käytettiin matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitojen mittaamiseen, eivät välttämättä olleet tarpeeksi yksinkertaisia, eivätkä siksi erottuneet riittävästi korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävistä. Arviointia siitä, erosivatko tehtävät riittävästi vaikeuttaa kuitenkin se, että nykytiedon valossa ei ole selvää, mitä kaikkia tekijöitä tulisi ottaa huomioon jaoteltaessa tehtäviä kognitiivisen kuormituksen perusteella. Kuten Ramus ja Ahissar (2012) ovat nostaneet esiin, eri tehtävien vaatimusten tarkkaa vertailua vaikeuttaa se, ettei laajoista kognitiivisista taidoista kuten työmuistista ole riittävän tarkkoja malleja, jotta pystyttäisiin tarkasti analysoimaan minkä tasojen prosessointia mikäkin tehtävä edellyttää. On kuitenkin mahdollista, että matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitojen välisen eron havaitseminen olisi edellyttänyt myös selkeästi yksinkertaisempia tehtäviä, joissa pelkästään toistetaan, tunnistetaan tai erotellaan äänteitä ja lyhyitä sanoja ja jotka siten mittaisivat puhtaammin äännerepresentaatioiden tarkkuuta kuormittamatta muita kognitiivisia toimintoja.

Toisaalta on mahdollista, että eroa korkean ja matalan kognitiivisen kuormituksen välillä ei tässä tutkimuksessa olisi havaittu silloinkaan, kun jos tutkimuksessa olisi ollut mukana yksinkertaisempia äännetaitotehtäviä. On nimittäin todennäköistä, että tämän tutkimuksen lapset olisivat suurimmaksi osaksi suoriutuneet tällaisista tehtävistä ilman vaikeuksia ja hajonta tehtävien sisällä olisi jäänyt vähäiseksi. Tätä puoltaa se, että etenkin kielissä, joissa kirjain-äännevastaavuudet ovat säännönmukaisia, tietoisuus äänneistä kehittyy tyypillisesti nopeasti lapsen aloitettua harjoittelemaan lukemista ja kirjoittamista (Anthony & Francis, 2005). On näyttöä siitä, että kirjain-äännevastaavuuksien säännönmukaisuus tukee myös lukilasten äännetietoisuuden kehittymistä siinä määrin, että äännetietoisuuden osalta ero tavanomaisesti lukeviin ikäovereihin jopa katoaa kehityksen myötä (de Jong & van der Leij, 2003). Säännönmukaisten kirjain-äännevastaavuuksien lisäksi suomenkielisten lasten äännetietoisuuden kehittymistä nopeuttaa myös se, että suomenkielisessä puheessa tavut erottuvat toisistaan selkeästi, toisin kuin esimerkiksi englannissa (Anthony & Francis, 2005). Suomenkielisillä lapsilla, jotka ovat olleet luku- ja kirjoitusopetuksen piirissä esiopetuksen ja ensimmäisen luokan ajan, on näin ollen keskimäärin jo sen verran kehittyneet äännetaidot, etteivät yksinkertaiset äännetaitotehtävät enää erottele suurinta osaa lapsista. Tämä kävi ilmi myös tässä tutkimuksessa, sillä verrokkiryhmässä lähes kaikki lapset suoriutuivat vähintään keskitasoisesti äänneiden käsittelyä mitanneissa Merkityksettömät sanat ja Äänneiden prosessointi -tehtävissä. Sen sijaan epäsäännönmukaisten kirjain-äännevastaavuuksien kielissä, kuten englannissa, tietoisuus äänneistä kehittyy hitaammin (Anthony & Francis, 2005). Tämä voi jossain määrin selittää sitä, miksi Ramusin ym. (2013) tutkimuksessa havaittiin lasten suoriutumisen välillä vaihtelua myös

matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävissä. Kielten välistä vertailua vaikeuttaa tässä tapauksessa kuitenkin se, että Ramusin ym. tutkimukseen osallistuneiden lasten ikä vaihteli viiden ja kahdentoista ikävuoden välillä sekä se, että maiden käytännön eroavat toisistaan luku- ja kirjoitusopetuksen aloitusikä suhteen.

Tärkeä ero verrattaessa tätä tutkimusta Ramusin ym. (2013) tutkimukseen on myös se, että tähän tutkimukseen ei osallistunut kyseisen tutkimuksen tapaan lapsia, joilla on kielellisen kehityksen erityisvaikeus. Tällä voi olla merkitystä, sillä Ramusin ym. (2013) tutkimuksessa suurin osa niistä lapsista, jotka suoriutuivat heikosti matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävistä olivat lapsia, joilla oli kielellisen kehityksen erityisvaikeus. Sen sijaan tyypillisesti kehittyvistä lapsista lähes kaikki ja lukilapsistakin suurin osa suoriutui matalan kognitiivisen kuormituksen tehtävistä vähintään keskitasoisesti. Ramus ja kumppanit (2013) esittävätkin, että kognitiivisten komponenttien, kuten matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitojen, väliset erot eivät välttämättä ole havaittavissa normaalipopulaatiossa, koska erot suoriutumisessa yksilöiden välillä ovat vähäisiä. Heidän mukaansa kognitiivisten komponenttien erillisyyden havaitseminen saattaa edellyttää sitä, että tutkimuksessa on mukana myös lapsia, joilla on häiriöstä johtuvia vaikeuksia tietyssä komponentissa. Tällöin tulee selkeämmin esiin, että suoriutuminen saattaa erota eri komponenttien välillä. Tästä näkökulmasta matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitojen erillisyyttä tutkittaessa tutkimuksessa olisi siis hyvä olla mukana riittävästi lapsia, joilla on äännerepresentaatioihin liittyviä vaikeuksia, jotta myös matalan kognitiivisen kuormituksen tehtävät erottelevat. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kuitenkin pelkästään verrokkeja ja lukiriskilapsia, eikä lukivaikeuden taustalla tämän hetkisen tiedon perusteella välttämättä ole äännerepresentaatioihin liittyviä vaikeuksia (Ramus & Ahissar, 2012).

Edellisten lisäksi on huomattava, että tämä tutkimus erosi Ramusin ym. (2013) tutkimuksesta myös niiden tehtävien osalta, jotka mittasivat ensisijaisesti muita kuin äännetaitoihin kuuluvia kielellisiä taitoja. Ramusin ym. tutkimuksessa muita kielellisiä taitoja kartoitettiin tätä tutkimusta laajemmin ja tutkimuksessa oli mukana sanojen ja lauseiden ymmärtämistä ja tuottamista mittaavia tehtäviä sekä useita kielen rakenteen ymmärtämistä mittaavia tehtäviä. Sen sijaan tässä tutkimuksessa muita kielellisiä taitoja mitattiin pelkästään kahdella tehtävällä, jotka olivat sanastoa ja erityisesti sanojen muistista hakua mittaava Bostonin nimeämistesti ja NEPSY-II tehtäväsarjan Ohjeiden ymmärtäminen. Ohjeiden ymmärtäminen -tehtävän voidaan nähdä vastaavan Ramusin ym. käyttämää lauserakenteiden ymmärtämistä mittaavaa Test for the Reception of Grammar 2 -tehtävää (Bishop, 2003), mutta Ohjeiden ymmärtäminen ei ole yhtä puhtaasti kielellisiä taitoja mittaava tehtävä. Toisin

kuin Test for the Reception of Grammar 2, Ohjeiden ymmärtäminen edellyttää monivaiheisten ohjeiden toteuttamista, eikä ohjeita ole mahdollista kerrata kuten Test for the Reception of Grammar 2 -tehtävässä. Ohjeiden ymmärtäminen asettaa näin ollen kielellisten taitojen ohella vaatimuksia myös työmuistille ja toiminnanohjaukselle. Ohjeiden ymmärtäminen muistutti tältä osin korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtäviä, jotka niin ikään edellyttivät näitä taitoja. On mahdollista, että muiden kielellisten taitojen erottuminen äännetaidoista olisi edellyttänyt useampia tehtäviä, joiden vaatimukset kohdistuvat mahdollisimman tarkasti sanavarastoon ja kielen rakenteen ymmärtämiseen. Toisaalta voi myös olla, että tulos viittaa siihen, että äännetaidot ja muut kielelliset taidot eivät ole suomenkielisillä lapsilla erillisiä taitoja. Tämä tukisi aiempia havaintoja siitä, että kielelliset taidot saattavat olla yksi yhtenäinen taito (Colledge ym., 2002).

#### 4.2 Eksploratiivinen faktorianalyysi

Eksploratiivisen faktorianalyysin tulosten perusteella kolmen faktorin rakenteen sopivuus oli hyvä sekä verrokkiryhmällä että lukiriskilapsilla. Neurokognitiiviset testit eivät kuitenkaan jakautuneet siten, että ne olisivat noudattaneet jakoa matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin ja muihin kielellisiin taitoihin. Neurokognitiivisten testien jakautumisessa oli myös eroja verrokkiryhmän ja lukiriskilasten välillä.

Verrokkiryhmällä ensimmäiselle faktorille latautuivat vahvimmin NEPSY-II tehtäväsarjan tehtävät Äänteiden prosessointi ja Ohjeiden ymmärtäminen. Näitä tehtäviä yhdistää se, että ne molemmat edellyttävät useita taitoja, kuten työmuistia, toiminnanohjausta ja kielellistä päättelykykyä ja tehtäviä voidaan pitää korkeaa kognitiivista kuormitusta aiheuttavina. Tällaisen faktorin muodostumisen voi tulkita viittaavan siihen, että verrokkiryhmällä äänteiden käsittelyyn ja muihin kielellisiin taitoihin liittyvät vaativammat kielelliset toiminnot muodostavat yhtenäisen taidon. Se, että erillisen äännetaitofaktorin sijaan muodostui tällainen äännetaitoja ja muita kielellisiä taitoja yhdistävä faktori tukee näkemystä äännetaitojen ja muiden kielellisten taitojen yhtenäisyydestä (Colledge ym., 2002). Tulos ei näin ollen ole yhtenevä niiden havaintojen kanssa, joissa äännetaidot ovat erottuneet muista kielellisistä taidoista erillisiksi (Anthony ym., 2014; Ramus ym., 2013).

Toiselle faktorille verrokkiryhmällä latautuivat vahvimmin WISC-III tehtäväsarjan Numerosarjat eteenpäin ja NEPSY-II tehtäväsarjan Sanalistat. Nämä ovat molemmat tehtäviä, jotka mittaavat ensisijaisesti kykyä toistaa kielellistä materiaalia muistin varassa. Kielellinen lyhytkestoinen muisti vaikuttaisi siis erottuvan verrokkilapsilla omaksi taidokseen. Myös Äänteiden prosessointi ja Ohjeiden ymmärtäminen latautuivat keskivahvasti tälle faktorille mikä mahdollisesti liittyy siihen,

että nämäkin tehtävät edellyttävät kielellisen materiaalin säilyttämistä muistissa. Huomionarvoista on, että WISC-III tehtäväsarjan Numerosarjat taaksepäin, joka edellyttää toistamisen lisäksi materiaalin muokkaamista mielessä ja mittaa siten työmuistia, ei latautunut ollenkaan tälle faktorille. Tämä havainto tukee sitä, että lyhytkestoinen muisti ja työmuisti ovat toisistaan erotettavissa olevia taitoja (Cowan, 2008).

Kolmannelle faktorille verrokkiryhmällä latautui vahvasti ainoastaan Nopea sarjallinen nimeäminen. Nopea sarjallinen nimeäminen ei myöskään korreloinut tilastollisesti merkitsevästi minkään muun testin kanssa. Nopea automatisoitunut nimeäminen näyttäisi siis erottuvan selkeästi muista kielellisistä toiminnoista erilliseksi taidoksi. Tulos tukee näin ollen näkemystä siitä, että nopea automatisoitunut nimeäminen on muista äännetaidoista erillinen taito (mm. Wolf & Bowers, 1999). Tätä tulosta tukee lisäksi se havainto, että tämän tutkimuksen verrokkiryhmän tavuille syntyneet aiovasteet esikouluiässä olivat eri tavoin assosioituneet äännetaitoihin (vasteet P1 ja EDN) ja nopeaan sarjalliseen nimeämiseen (vasteet N2 ja LDN; Kuuluvainen, Alku, Makkonen, Lipsanen, & Kujala, 2016; Kuuluvainen, Leminen, & Kujala, 2016).

Tulosten perusteella verrokkiryhmällä kielellisen testisuoriutumisen taustalla voidaan siis osittain erillisinä taitoina erottaa vaativammat kielelliset taidot, kielellinen lyhytkestoinen muisti ja nopea automatisoitunut nimeäminen. Useat testit latautuivat kuitenkin useammalle kuin yhdelle faktorille, mikä viittaa siihen, että esiin tulleet taidot korreloivat keskenään. Tulosten perusteella on lisäksi todennäköistä, että kielellisen testisuoriutumisen taustalla on myös muita taitoja. Tähän viittaa se, että osa tutkimuksessa mukana olleista neurokognitiivisista testeistä ei latautunut vahvasti millekään kolmesta faktorista. Heikoimmin latautuivat matalan kognitiivisen kuormituksen äänneiden käsittelyä mitannut Merkityksettömät sanat -tehtävä, työmuistia mitannut Numerosarjat taaksepäin -tehtävä ja sanojen muistista hakua mitannut Bostonin nimeämistesti. Mikäli tutkimuksessa olisi kokeiltu useamman kuin kolmen faktorin ratkaisuja, olisi siis saattanut tulla esiin myös muita faktoreita, joille nämä tehtävät olisivat latautuneet vahvemmin. Useamman faktorin ratkaisujen sopivuutta olisi hyvä tutkia jatkossa tarkemmin. Huomionarvoista on ensinnäkin se, että vaativampien kielellisten toimintojen faktori ei selittänyt kuin osan äännetaitotehtävissä suoriutumisesta. Suurin osa vaihtelusta jäi siten selittämättä äänneiden käsittelyä mitanneissa tehtävissä, etenkin Merkityksettömät sanat -tehtävässä. Lisäksi sen ja Äänneiden prosessointi -tehtävän välillä ei verrokeilla havaittu tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota. Siten voi myös olla, että erilaisten äänneiden käsittelytehtävien taustalla on erilaisia taitoja. Tämän tutkimuksen perusteella vaikuttaisi siis olevan niin, että ainakin korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitotehtävät edellyttävät esiin tullutta vaativampien kielellisten

taitojen faktoria, mutta äännetaitotehtävissä suoriutuminen edellyttää myös muita taitoja, jotka eivät tässä eksploratiivisessa faktorianalyysissä nousseet esiin. Ei siis voida poissulkea mahdollisuutta, etteikö taustalla saattaisi olla myös yhtä tai useampaa erillistä äännetaitofaktoria, jotka eivät tässä analyysissä erottuneet tehtävien vähyyden vuoksi. Mikäli erilaisia äännetaitoja on useampia, näiden taitojen havaitseminen olisi saattanut edellyttää suurempaa määrää erilaisia äänteiden käsittelytehtäviä.

Tulosten perusteella vaikuttaisi myös mahdolliselta, että sanavarasto muodostaa verrokkiryhmällä erillisen taitonsa. Tätä tukee se, että löydettyt faktorit selittivät vain 8% lasten välisestä vaihtelusta Bostonin nimeämistestissä. Suuremmalla faktorimäärällä olisi niin ikään saattanut muodostua myös erillinen työmuistifaktori. Numerosarjat taaksepäin -tehtävä latautui faktoreista vahvimmin vaativampien kielellisten taitojen faktorille, mutta kaikki faktorit selittivät tehtävän vaihtelusta kuitenkin yhteensä vain 19%. Tämä voi viitata siihen, että työmuisti on muista taidoista osittain erillinen. Mahdollisen työmuistifaktorin puuttuminen saattaa selittää osan selittämättä jääneestä vaihtelusta myös niissä tehtävissä, joissa tarvitaan työmuistia, kuten tehtävissä Äänteiden prosessointi ja Ohjeiden ymmärtäminen.

Lukiriskiryhmällä neurokognitiivisten testien jakautuminen eksploratiivisessa faktorianalyysissä poikkesi osin verrokkiryhmästä. Keskeisenä erona on se, että lukiriskilapsilla ensimmäiselle faktorille latautuivat vahvimmin Merkityksettömät sanat ja Äänteiden prosessointi -tehtävät, jotka mittaavat molemmat äänteiden käsittelyä. Lukiriskilapsilla muodostui siis verrokkiryhmästä poiketen erillinen äännetaitofaktori. Lisäksi lukiriskiryhmällä havaitut faktorit selittivät suuremman osan vaihtelusta äänteidenkäsittelytehtävissä kuin verrokkiryhmällä, sillä Äänteiden prosessointi -tehtävässä faktorit selittivät verrokkilasten kohdalla vain 37% vaihtelusta, mutta lukiriskilapsilla 73%. Merkityksettömät sanat -tehtävässä vastaavat luvut olivat 19% ja 43%. Erityisen äännetaitofaktorin muodostuminen lukiriskilapsilla voi selittää tätä eroa. Lisäksi lukiriskiryhmä erosi verrokkiryhmästä siten, että Merkityksettömät sanat ja Äänteiden prosessointi -tehtävien välillä havaittiin yhteys. Tuloksista käy ilmi, että toisin kuin verrokeilla, lukiriskiryhmällä suoriutuminen Merkityksettömät sanat ja Äänteiden prosessointi -tehtävissä korreloi tilastollisesti merkitsevästi ( $r=.42$ ). Yhteyden havaitsemiseen on voinut vaikuttaa se, että lukiriskilapsilla hajonta Merkityksettömät sanat -tehtävässä oli verrokkiryhmää suurempaa, mikä tarkoittaa sitä, että lukiriskiryhmällä tehtävä oli erottelevampi. Äännetaitofaktorille latautuivat lukiriskiryhmällä melko vahvasti myös Bostonin nimeämistesti ja Ohjeiden ymmärtäminen viitaten siihen, että lukiriskiryhmällä äänteiden käsittelytaidot ovat yhteydessä myös näissä tehtävissä suoriutumiseen.

Toiselle faktorille lukiriskilapsilla latautuivat verrokkiryhmän tapaan vahvimmin Numerosarjat eteenpäin ja Sanalistat. Lukiriskiryhmällä tälle faktorille latautui melko vahvasti ja verrokkiryhmää vahvemmin myös Merkityksettömät sanat -tehtävä, joka sekin edellyttää kielellisen materiaalin ylläpitämistä muistissa. Lisäksi verrokkiryhmästä poiketen faktorille latautui keskivahvasti myös Bostonin nimeämistesti. Tulokset viittaisivat kuitenkin kokonaisuudessaan siihen, että lukiriskilapsillakin kielellinen lyhytkestoinen muisti erottuu verrokkien tapaan omaksi taidokseen.

Kolmannen faktorin osalta myös lukiriskilapsilla Nopea sarjallinen nimeäminen latautui ainoana tehtävänä vahvasti kolmannelle faktorille kuten verrokkiryhmälläkin. Tämän faktorin kohdalla erona verrokkiryhmään tuli kuitenkin esiin, että lukiriskilapsilla faktorille latautuivat keskivahvasti myös Numerosarjat taaksepäin ja Ohjeiden ymmärtäminen. Verrokkiryhmällä Ohjeiden ymmärtäminen ei latautunut kyseiselle faktorille lainkaan ja Numerosarjat taaksepäin vain heikosti. On mahdollista, että tämä havainto lukiriskilapsilla liittyy sarjalliseen prosessointiin, sillä se on taito, jota tarvitaan kaikissa näissä kolmessa tehtävässä. On myös näyttöä siitä, että sarjallisen prosessoinnin heikkous on yksi taustatekijä lukivaikkeuteen liittyvässä nopean sarjallisen nimeämisen vaikeudessa (Georgiou, Ghazyani, & Parrila, 2018). Mahdollisesti lukiriskiryhmällä nopean automatisoituneen nimeämisen faktori ei edusta yhtä tarkasti juuri nopeaa automatisoitunutta nimeämistä kuin verrokkiryhmällä, sillä verrokkiryhmällä Nopean sarjallisen nimeämisen vaihtelusta selittyi 100%, mutta lukiriskiryhmällä vain 51%. Lukiriskiryhmällä tämä faktori saattaa edustaa jotakin laajempaa toimintoa, kuten esimerkiksi kykyä sarjalliseen prosessointiin.

Verrattaessa lukiriskiryhmän ja verrokkiryhmän tuloksia keskenään voidaan siis todeta, että lukiriskiryhmällä kielellisten taitojen rakenne on kielellisen lyhytkestoisen muistin faktorin ja nopean automatisoituneen nimeämisen faktorin osalta joitakin eroja lukuun ottamatta melko samankaltainen kuin verrokeilla. Se, että kielellinen lyhytkestoinen muisti ja nopea automatisoitunut nimeäminen havaittiin osittain muista taidoista erillisiksi taidoiksi kahdessa erillisessä faktorianalyysissä tukee tuloksen luotettavuutta. Lisäksi verrokkiryhmän tavoin myös lukiriskilapsilla useat neurokognitiiviset testit latautuivat useammalle kuin yhdelle faktorille, mikä viittaa siihen, että esiin tulleet kielelliset taidot ovat korreloivia myös lukiriskilapsilla. Lisäksi lukiriskilasten tulokset viittaavat niin ikään siihen, että kielellisen testisuoriutumisen taustalla on myös muita taitoja kuin mitä tässä tutkimuksessa esiin tulleet faktorit edustavat. Verrokkiryhmän tavoin lukiriskilasten tulokset tukevat mahdollisuutta erillisestä sanavarastofaktorista ja työmuistifaktorista, sillä tehtävien

Numerosarjat taaksepäin ja Bostonin nimeämistesti selitysosuudet jäivät melko alhaisiksi myös lukiriskilapsilla.

Selkeimpänä erona kielellisten taitojen rakenteessa verrokkiryhmän ja lukiriskiryhmän välillä näyttäisi olevan se, että lukiriskilapsilla erottui erillinen äännetaitofaktori. Sen sijaan lukiriskilapsilla ei verrokkiryhmän tapaan muodostunut äännetaitoja ja muita kielellisiä taitoja integroivaa vaativampien kielellisten taitojen faktoria. Tulos voi viitata siihen, että äännetaidot ovat lukiriskilapsilla muista kielellisistä taidoista erillisempiä kuin verrokkiryhmällä. Tämä ero selittyy todennäköisesti ainakin osittain lukivaikeuteen liittyvällä erityisellä äännetaitovaikeudella, jonka vuoksi lukilapsilla ero suoriutumisessa äännetaitotehtävien ja muiden kielellisten tehtävien välillä on suurempi kuin verrokeilla. Tällainen piirre lukiriskilasten suoriutumisessa tuli esiin myös tässä tutkimuksessa, sillä lukiriskiryhmä suoriutui tilastollisesti merkitsevästi verrokkiryhmää heikommin Äänteiden prosessointi ja Ohjeiden ymmärtäminen -tehtävissä ja lähes merkitsevästi Merkityksettömät sanat -tehtävässä, mutta ei muissa tehtävissä. Ero suoriutumisen tasossa tehtävien välillä puolestaan aiheuttaa sen, että äännetaidot erottuvat tällöin herkemmin muista kielellisistä taidoista erilliseksi taidoksi.

Toisaalta lukiriskilasten tuloksista ilmenee, että myös lukiriskilapsilla äänteiden käsittelytehtävät ovat yhteydessä Ohjeiden ymmärtäminen -tehtävään samoin kuin verrokkiryhmällä havaittiin. Voi siis olla, että myös lukiriskiryhmällä äännetaidot ja muut kielelliset taidot muodostavat jossain määrin yhtenäisen taitorakenteen. Lisäksi lukiriskiryhmällä havaittiin joitakin sellaisia tehtävien välisiä yhteyksiä, joita ei havaittu verrokkiryhmällä. Nämä yhteydet saattavat viitata siihen, että lukiriskiryhmällä vaikeudet äännetaidoissa heijastuvat suoriutumista vaikeuttavasti myös joihinkin sellaisiin kielellisiin tehtäviin, jotka mittaavat ensisijaisesti muita kuin äännetaitoja. Sen sijaan lapsilla, joilla ei ole vaikeuksia äännetaidoissa, vastaavaa yhteyttä ei havaita. Edellä kuvatun kaltainen yhteys näyttäisi ilmenevän selkeimmin sanavarastoa ja sanojen muistista hakua mittaavan Bostonin nimeämistestin kohdalla. Verrokkiryhmällä Bostonin nimeämistesti oli heikosti yhteydessä faktorianalyysissä havaittuihin taitoihin, sillä faktorit selittivät suoriutumisesta kyseisessä tehtävässä vain 8%, mutta lukiriskilapsilla esiin tulleet faktorit selittivät suoriutumisesta 35%, eli selkeästi suuremman osan. Mahdollisesti vaikeudet käsitellä ja säilyttää äännteisiin liittyvää tietoa mielessä selittävät yhteyttä, sillä lukiriskilapsilla Bostonin nimeämistesti latautui melko vahvasti äännetaitofaktorille sekä keskivahvasti myös lyhytkestoisen muistin faktorille. Sen sijaan verrokkiryhmällä Bostonin nimeämistesti latautui faktoreille heikommin, eikä heillä mikään tehtävä korreloinut tilastollisesti merkitsevästi Bostonin nimeämistestin kanssa. Sanavarasto, ainakin

mitattuna kyvyllä hakea sanoja muistista, ei siis lukiriskilapsilla vaikuttaisi tulosten perusteella olevan yhtä erillinen taito äänteiden käsittelystä ja kielellisestä lyhytkestoisesta muistista kuin verrokkilapsilla.

#### 4.3 Tutkimuksen rajoitteet ja jatkotutkimussuositukset

Tutkimuksen tulosten tulkintaan vaikuttavana rajoitteena voidaan pitää ensinnäkin sitä, että sekä alhaisen kognitiivisen kuormituksen että muiden kielellisten taitojen mittaamisessa käytettiin ainoastaan kahta tehtävää. Pelkästään kahden indikaattorimuuttujan käyttämisen on havaittu heikentävän konfirmatorisen faktorianalyysin tuloksen luotettavuutta (Ding, Velicer, & Harlow, 1995). Tutkimuksen aineisto ei myöskään ollut erityisen suuri eikä siten kompensoinut tehtävien vähäistä määrää. Tässä tutkimuksessa tarkastellun kielellisten taitojen mallin sopivuutta olisi siis hyvä tutkia useammalla indikaattorimuuttujalla tuloksen luotettavuuden selvittämiseksi. Tuloksiin on myös saattanut vaikuttaa hyvin yksinkertaisten äännetaitotehtävien puuttuminen. Jatkossa tulisi tutkia, havaitaanko korkean ja matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaitojen ero silloin, kun mukana on myös tehtäviä, jotka mittaavat puhtaammin äänteiden tuottamista ja havaitsemista ilman muita vaatimuksia. Matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitojen erottumista olisi lisäksi hyvä tutkia otoksella, jossa on myös erityisen kielellisen kehityksen vaikeuden omaavia lapsia. Tällöin voitaisiin selvittää, havaitaanko kognitiiviseen kuormitukseen perustuva ero silloin kun tutkimuksessa on mukana myös yksinkertaisissa tehtävissä heikosti suoriutuvia lapsia.

Konfirmatorisen faktorianalyysin rajoitteena on lisäksi se, että lukiriskilapsia ja verrokkeja ei tarkasteltu erillisinä ryhminä. Otos ei näin ollen edusta kumpaakaan näistä ryhmistä yksinään ja konfirmatorisen faktorianalyysin tuloksen yleistämisessä on oltava varovainen. Eksploraatiivisessa faktorianalyysissä havaittujen ryhmien välisten erojen perusteella voidaan pitää mahdollisena, että konfirmatorisen faktorianalyysin tulos olisi saattanut erota ryhmien välillä, jos ryhmiä olisi tarkasteltu erikseen. Tulevaisuudessa olisi tulosten yleistettävyyden vuoksi hyvä tarkastella konfirmatorisella faktorianalyysillä erikseen verrokkilapsia ja lukiriskilapsia. Tämä auttaisi selvittämään, päteekö havaittu tulos kumpaankin näistä ryhmistä, vain toiseen tai mahdollisesti vain otokseen, jossa on tämän tutkimuksen tapaan mukana sekä lukiriski- että verrokkilapsia.

Tutkimuksen rajoitteeksi katsottava ryhmien yhdistäminen konfirmatorisessa faktorianalyysissä huomioitiin tässä tutkimuksessa siten, että ryhmiä tarkasteltiin erikseen eksploraatiivisen faktorianalyysin avulla. Eksploraatiivisen faktorianalyysin rajoitteena on kuitenkin se, että tutkimuksessa ei vertailtu vaihtoehtoisia malleja. Tämän vuoksi ei tiedetä, mitkä muut



faktorirakenteet olisivat saattaneet sopia aineistoon yhtä hyvin tai mahdollisesti jopa paremmin. Jatkossa tulisi kartoittaa erilaisten faktoriratkaisujen sopivuutta. Olisi hyvä kokeilla myös useampaa kuin kolmea faktoria, sillä tulokset viittasivat siihen, että kielellisen testisuoriutumisen taustalla on muitakin taitoja kuin ne, jotka tulivat tässä tutkimuksessa esiin. Jatkossa olisi hyvä tarkastella, muodostavatko esimerkiksi sanavarastoa ja työmuistia mittaavat tehtävät omat faktorinsa. Tarkempaa tutkimusta tarvitaan myös siitä, mitä toimintoja tutkimuksessa havaittu vaativampien kielellisten toimintojen faktori tarkalleen ottaen sisältää. Myös sitä olisi hyvä selvittää tarkemmin, että mitä taitoja erilaisten äännetaitotehtävien suorittaminen edellyttää vaativampien kielellisten toimintojen faktorin lisäksi. Tässä tutkimuksessa tuli esiin viitteitä siitä, että erilaisten äännetaitotehtävien taustalla saattaa olla eri taitoja ja tätä kysymystä tulisi jatkossa kartoittaa lisää.

Verrattaessa verrokkilasten ja lukiriskilasten tuloksia eksploratiivisessa faktorianalyysissä on otettava huomioon muutamia tekijöitä. Ensinnäkin on muistettava, että kaikille lukiriskilapsista ei kehity lukivaikeutta, eikä tutkimuksen tuloksia näin ollen voida suoraan yleistää varsinaisiin lukilapsiin. Lisäksi verrattaessa lukiriskiryhmän suoriutumista verrokkiryhmään on huomioitava, että ei voida poissulkea mahdollisuutta, että havaittujen erojen taustalla saattaa olla muitakin kuin lukivaikeuteen liittyviä tekijöitä. Tutkimuksessa ei kontrolloitu mahdollisia eroja ryhmien välillä muutoin kuin varmistamalla, että lapsilla itsellään tai heidän lähisuvussaan ei mahdollista lukivaikeutta lukuun ottamatta ilmennyt neurologisia tai psykiatrisia vaikeuksia. Tutkimuksessa ei siis esimerkiksi tarkasteltu, onko ryhmien yleinen kognitiivinen suoriutumiskyky samaa tasoa. Lukiriskiryhmän ja verrokkiryhmän väliset erot muissakin kuin suoraan lukivaikeuteen liittyvissä tekijöissä ovat mahdollisia, etenkin kun otetaan huomioon, että lukilapsilla tiedetään esiintyvän tavallista enemmän myös muita oppimisvaikeuksia ja keskittymisen vaikeuksia (Hendren, Haft, Black, White, & Hoeft, 2018). Tässä tutkimuksessa eksploratiivisella faktorianalyysillä havaitut tulokset tulisi seuraavaksi pyrkiä vahvistamaan tarkemmin kontrolloidussa tutkimuksessa konfirmatorisella faktorianalyysillä, jotta nähdään, ovatko tulokset toistettavissa.

Jatkossa olisi hyvä tutkia tarkemmin, miten erilaiset ominaisuudet kuten ikä, äidinkieli tai kielellinen kehitys vaikuttavat kielellisten taitojen rakenteeseen. Tutkimusta tarvitaan lisää esimerkiksi siitä, jäsentyvätkö kielelliset taidot eri kielissä eri tavoin, sillä on mahdollista, että erot tämän tutkimuksen ja Ramusin ym. (2013) tutkimuksen tulosten välillä liittyvät jossain määrin kielten erilaisuuteen. Myös iän vaikutusta kielellisten taitojen rakenteeseen olisi hyvä tutkia lisää. Pitkittäistutkimuksen avulla voitaisiin saada tietoa siitä, miten kielellisten taitojen jäsentyminen etenee lapsen kehittyessä. Esimerkiksi vaativampien kielellisten taitojen faktorin ilmenemistä tulisi tarkastella alle

kouluikäisillä lapsilla sen selvittämiseksi, missä iässä tällainen faktori on havaittavissa. Tulevaisuudessa voisi myös tarkastella, havaitaanko jako matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin alle kouluikäisillä lapsilla, sillä heillä äännetaidot ovat vasta kehittymässä ja yksinkertaiset äännetaitotehtävät ovat siten erottelevampia kuin kouluikäisillä. Lisäksi sitä, miten poikkeava kielellinen kehitys vaikuttaa kielellisten taitojen rakenteeseen on tutkittava lisää. Lukiriskilasten ja verrokkien välillä havaitut erot tukevat sitä, että poikkeava kielellinen kehitys voi olla yhteydessä epätavanomaiseen kielellisten taitojen jäsentymiseen. Seuraavaksi tulisi tutkia, toistuuko lukiriskiryhmällä havaittu kielellisten taitojen faktorirakenne myös lapsilla, joilla on diagnosoitu lukivaikeus. Koska ryhmätasolla lukilasten ero verrokkilapsiin on suurempi kuin lukiriskilapsilla, on todennäköistä, että myös lukilasten kielellisten taitojen rakenne poikkeaa verrokeista. On kuitenkin mahdollista, että erot ovat jossain määrin erilaisia kuin lukiriskilapsilla ja siksi tutkimusta tarvitaan lukiriskilasten lisäksi myös lukilapsilla. Vastaavasti myös muilla erityisryhmillä kuten lapsilla, joilla on kielellinen erityisvaikeus, tarvitaan tutkimusta, jossa kielellisten taitojen rakennetta verrataan tavanomaiseen kehitykseen.

#### 4.4 Yhteenveto

Tämä tutkimus on osaltaan edistänyt ymmärrystä suomenkielisten lasten kielellisistä taidoista. Tutkimus on tietävästi ensimmäinen, jossa on faktorianalyysin avulla kartoitettu kielellisten taitojen rakennetta suomea äidinkielenään puhuvilla. Tulokset antavat viitteitä kielellisten taitojen rakenteesta myös muissa kirjain-äännevastaavuuksiltaan säännönmukaisissa kielissä, vaikkakin tulosten yleistettävyydestä muihin kieliin tarvitaan lisää tutkimusta. Tämän tutkimuksen vahvuutena voidaan pitää äännetaitojen suhteellisen laajaa kartoitusta ja sitä, että kielellisten taitojen rakennetta tarkasteltiin sekä verrokki- että lukiriskilapsilla. Tutkimus ei antanut tukea sille, että kielelliset taidot jakautuisivat suomenkielisillä 8-vuotiailla lapsilla matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaitoihin ja muihin kielellisiin taitoihin. Tulokset viittaavat siihen, että verrokeilla äännetaidot kietoutuvat yhteen muiden vaativampien kielellisten toimintojen kanssa, kun taas lukiriskilapsilla äännetaidot erottuvat selkeämmin omaksi taidokseen. Sekä verrokeilla että lukiriskilapsilla lyhytkestoinen muisti ja nopea automatisoitunut nimeäminen voidaan tulosten perusteella erottaa muista toiminnoista osittain erillisiksi taidoiksi. Tulokset viittaavat lisäksi siihen, että lukivaikeuteen liittyvät heikkoudet äännetaidoissa voivat heijastua myös tehtäviin, jotka mittaavat ensisijaisesti muita kielellisiä toimintoja. Havaitut erot kielellisten taitojen rakenteessa tukevat sitä, että kielellisiä taitoja kartoittavat neurokognitiiviset testit voivat lukiriskilapsilla mitata osittain eri taitoja kuin tavanomaisesti kehittyvillä lapsilla, mikä tulee huomioida kielellisten taitojen arvioinnissa.

## Lähteet

- Adams, M. J. (1990). *Beginning to read: Learning and thinking about print*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ahissar, M., Lubin, Y., Putter-Katz, H., & Banai, K. (2006). Dyslexia and the failure to form a perceptual anchor. *Nature Neuroscience*, 9, 1558–1564.
- Ahonen, T., Tuovinen, S., & Leppäsaari, T. (1999). *Nopean Sarjallisen Nimeämisen Testi [Rapid Automatized Naming Test]*. Lievestuore: Haukkaranta School and Niilo Mäki Institute.
- Allor, J. H. (2002). The relationships of phonemic awareness and rapid naming to reading development. *Learning Disability Quarterly*, 25, 47–57.
- Anthony, J. L., Davis, C., Williams, J. M., & Anthony, T. I. (2014). Preschoolers' oral language abilities: A multilevel examination of dimensionality. *Learning and Individual Differences*, 35, 56–61.
- Anthony, J. L., & Francis, D. J. (2005). Development of phonological awareness. *Current Directions in Psychological Science*, 14, 255–259.
- Anthony, J. L., Lonigan, C. J., Burgess, S. R., Driscoll, K., Phillips, B. M., & Cantor, B. G. (2002). Structure of preschool phonological sensitivity: Overlapping sensitivity to rhyme, words, syllables, and phonemes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82, 65–92.
- Anthony, J. L., Lonigan, C. J., Driscoll, K., Phillips, B. M., & Burgess, S. R. (2003). Phonological sensitivity: A quasi-parallel progression of word structure units and cognitive operations. *Reading Research Quarterly*, 38, 470–487.
- Anthony, J. L., Williams, J. M., McDonald, R., Corbitt-Shindler, D., Carlson, C. D., & Francis, D. J. (2006). Phonological processing and emergent literacy in Spanish-speaking preschool children. *Annals of Dyslexia*, 56, 239.
- Anthony, J. L., Williams, J. M., McDonald, R., & Francis, D. J. (2007). Phonological processing and emergent literacy in younger and older preschool children. *Annals of Dyslexia*, 57, 113.

- Aro, M., Eklund, K., Leppänen, P., & Poikkeus, A.-M. (2011). Lukivaikeusriskin arviointi ja lukivaikeuden tunnistaminen suomen kielessä. *Psykologia*, 46, 92–98.
- Bishop, D. V. (2003). *Test for reception of grammar (TROG-2)*. Lontoo: Pearson Assessment.
- Boets, B., Op de Beeck, H. P., Vandermosten, M., Scott, S. K., Gillebert, C. R., Mantini, D., ... Ghesquière, P. (2013). Intact but less accessible phonetic representations in adults with dyslexia. *Science*, 342, 1251–1254.
- Boets, B., Smedt, B. de Cleuren, L., Vandewalle, E., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2010). Towards a further characterization of phonological and literacy problems in Dutch-speaking children with dyslexia. *British Journal of Developmental Psychology*, 28, 5–31.
- van den Bos, K. P., Zijlstra, B. J. H., & Lutje Spelberg, H. C. (2002). Life-span data on continuous-naming speeds of numbers, letters, colors, and pictured objects, and word-reading speed. *Scientific Studies of Reading*, 6, 25–49.
- Choi, D., Hatcher, R. C., Dulong-Langley, S., Liu, X., Bray, M. A., Courville, T., ... DeBiase, E. (2017). What do phonological processing errors tell about students' skills in reading, writing, and oral language? *Journal of Psychoeducational Assessment*, 35, 24–46.
- Colledge, E., Bishop, D. V. M., Koeppen-Schomerus, G., Price, T. S., Happé, F. G. E., Eley, T. C., ... Plomin, R. (2002). The structure of language abilities at 4 years: A twin study. *Developmental Psychology*, 38, 749–757.
- Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in brain research*, 169, 323–338.
- de Jong, P. F., & van der Leij, A. (2003). Developmental changes in the manifestation of a phonological deficit in dyslexic children learning to read a regular orthography. *Journal of Educational Psychology*, 95, 22.

- Ding, L., Velicer, W. F., & Harlow, L. L. (1995). Effects of estimation methods, number of indicators per factor, and improper solutions on structural equation modeling fit indices. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 2, 119–143.
- Gallagher, A., Frith, U., & Snowling, M. J. (2000). Precursors of literacy delay among children at genetic risk of dyslexia. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 41, 203–213.
- Georgiou, G. K., Ghazyan, R., & Parrila, R. (2018). Are RAN deficits in university students with dyslexia due to defective lexical access, impaired anchoring, or slow articulation? *Annals of Dyslexia*, 68, 85–103.
- Goswami, U. (2000). Phonological representations, reading development and dyslexia: Towards a cross-linguistic theoretical framework. *Dyslexia*, 6, 133–151.
- Hazan, V., Messaoud-Galusi, S., Rosen, S., Nouwens, S., & Shakespeare, B. (2009). Speech perception abilities of adults with dyslexia: Is there any evidence for a true deficit? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 1510–1529.
- Hendren, R. L., Haft, S. L., Black, J. M., White, N. C., & Hoeft, F. (2018). Recognizing psychiatric comorbidity with reading disorders. *Frontiers in Psychiatry*, 9, 101.
- Kimppa, L., Shtyrov, Y., Partanen, E., & Kujala, T. (2018). Impaired neural mechanism for online novel word acquisition in dyslexic children. *Scientific Reports*, 8, 12779.
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (1998). *NEPSY. A developmental neuropsychological assessment*. Chicago: Psychological Corporation.
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. L. (2008). *NEPSY-II: Lasten neuropsykologinen tutkimus*. Helsinki: Psykologien Kustannus.
- Kujala, T. (2007). The role of early auditory discrimination deficits in language disorders. *Journal of Psychophysiology*, 21, 239–250.

- Kuuluvainen, S., Alku, P., Makkonen, T., Lipsanen, J., & Kujala, T. (2016). Cortical speech and non-speech discrimination in relation to cognitive measures in preschool children. *European Journal of Neuroscience*, 43, 738–750.
- Kuuluvainen, S., Leminen, A., & Kujala, T. (2016). Auditory evoked potentials to speech and nonspeech stimuli are associated with verbal skills in preschoolers. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 19, 223–232.
- Lachmann, T., Berti, S., Kujala, T., & Schröger, E. (2005). Diagnostic subgroups of developmental dyslexia have different deficits in neural processing of tones and phonemes. *International Journal of Psychophysiology*, 56, 105–120.
- Laine, M., Koivuselkä-Sallinen, P., Hänninen, R., & Niemi, J. (1997). *Bostonin nimeämistestin suomenkielinen versio [Finnish version of the Boston Naming Test]*. Helsinki: Psykologien Kustannus.
- Landerl, K., Wimmer, H., & Frith, U. (1997). The impact of orthographic consistency on dyslexia: A German-English comparison. *Cognition*, 63, 315–334.
- Leppänen, P., & Hämäläinen, J. (2011). Puheen havaitsemisen poikkeavuudet riskitekijänä lukivaikeuteen. *Psykologia*, 46, 118–123.
- Lonigan, C. J., Anthony, J. L., Phillips, B. M., Purpura, D. J., Wilson, S. B., & McQueen, J. D. (2009). The nature of preschool phonological processing abilities and their relations to vocabulary, general cognitive abilities, and print knowledge. *Journal of educational psychology*, 101, 345–358.
- Lovio, R., Näätänen, R., & Kujala, T. (2010). Abnormal pattern of cortical speech feature discrimination in 6-year-old children at risk for dyslexia. *Brain Research*, 1335, 53–62.
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 53, 1–14.

- Lyytinen, H., Leinonen, S., Nikula, M., Aro, M., & Leiwo, M. (1995). In search of the core features of dyslexia: Observations concerning dyslexia in the highly orthographically regular Finnish language. Teoksessa V. W. Berninger (toim.), *The varieties of orthographic knowledge II: Relationships to phonology, reading, and writing* (s. 177–204). Dordrecht: Kluwer.
- Melby-Lervåg, M., Lyster, S.-A. H., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 138, 322–352.
- Nelson, J. M., Lindstrom, J. H., Lindstrom, W., & Denis, D. (2012). The structure of phonological processing and its relationship to basic reading. *Exceptionality*, 20, 179–196.
- Pennington, B. F., & Lefly, D. L. (2001). Early reading development in children at family risk for dyslexia. *Child Development*, 72, 816–833.
- Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2015). Developmental dyslexia. *Annual Review of Clinical Psychology*, 11, 283–307.
- Puolakanaho, A., & Ketonen, R. (2011). Fonologinen tietoisuus ja lukutaito. *Psykologia*, 46, 138–144.
- R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. Wien: R Foundation for Statistical Computing.
- Ramus, F., & Ahissar, M. (2012). Developmental dyslexia: The difficulties of interpreting poor performance, and the importance of normal performance. *Cognitive Neuropsychology*, 29, 104–122.
- Ramus, F., Marshall, C. R., Rosen, S., & van der Lely, H. K. J. (2013). Phonological deficits in specific language impairment and developmental dyslexia: Towards a multidimensional model. *Brain*, 136, 630–645.
- Ramus, F., & Szenkovits, G. (2008). What phonological deficit? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 129–141.

- Raschle, N. M., Chang, M., & Gaab, N. (2011). Structural brain alterations associated with dyslexia predate reading onset. *Neuroimage*, 57, 742–749.
- Revelle, W. (2018). *psych: Procedures for Personality and Psychological Research* (v1.8.12). Evanston, IL: Northwestern University.
- Richlan, F., Kronbichler, M., & Wimmer, H. (2009). Functional abnormalities in the dyslexic brain: A quantitative meta-analysis of neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, 30, 3299–3308.
- Robertson, E. K., Joanisse, M. F., Desroches, A. S., & Ng, S. (2009). Categorical speech perception deficits distinguish language and reading impairments in children. *Developmental Science*, 12, 753–767.
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48, 1-36.
- Rutter, M., Caspi, A., Fergusson, D., Horwood, L. J., Goodman, R., Maughan, B., ... Carroll, J. (2004). Sex differences in developmental reading disability - New findings from 4 epidemiological studies. *Jama-Journal of the American Medical Association*, 291, 2007–2012.
- Salmi, P., & Torppa, M. (2011). Miten nopea nimeäminen ennakoii lukutaitoa. *Psykologia*, 46, 131-133.
- Schatschneider, C., Francis, D. J., Foorman, B. R., Fletcher, J. M., & Mehta, P. (1999). The dimensionality of phonological awareness: An application of item response theory. *Journal of Educational Psychology*, 91, 439.
- Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J., & Remschmidt, H. (1998). Auditory processing and dyslexia: Evidence for a specific speech processing deficit. *Neuroreport*, 9, 337–340.



- Serniclaes, W., Heghe, S. V., Mousty, P., Carré, R., & Sprenger-Charolles, L. (2004). Allophonic mode of speech perception in dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 336–361.
- Snowling, M. J. (2000). *Dyslexia* (2. painos). Malden: Blackwell Publishing.
- Snowling, M. J., & Melby-Lervåg, M. (2016). Oral language deficits in familial dyslexia: A meta-analysis and review. *Psychological Bulletin*, 142, 498–545.
- Szenkovits, G., & Ramus, F. (2005). Exploring dyslexics' phonological deficit I: Lexical vs sub-lexical and input vs output processes. *Dyslexia*, 11, 253–268.
- Torppa, M., Lyytinen, P., Erskine, J., Eklund, K., & Lyytinen, H. (2010). Language development, literacy skills, and predictive connections to reading in Finnish children with and without familial risk for dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 43, 308–321.
- Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): What have we learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45, 2–40.
- Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological bulletin*, 101, 192–212.
- Wechsler, D. (1999). *WISC-III: Wechslerin lasten älykkyystestistö*. Helsinki: Psykologien kustannus Oy.
- Wolf, M., & Bowers, P. G. (1999). The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias. *Journal of educational psychology*, 91, 415.
- Yopp, H. K. (1988). The validity and reliability of phonemic awareness tests. *Reading Research Quarterly*, 159–177.

## Liitteet

**LIITE 1.** Tutkimuksessa käytettyjen neuropsykologisten testien vastaavuus Ramusin ym. (2013) käyttämiin testeihin.

	<i>Ramusin ym. (2013) käyttämät neurokognitiiviset testit</i>	<i>Tässä työssä käytetyt neurokognitiiviset testit ja erot Ramusin ym. (2013) testeihin</i>
<i>Matalan kognitiivisen kuormituksen äännetaidot</i>	<p><b><i>Epäsanojen toisto</i></b> Kirjoittajien kehittämä tehtävä, jossa lapsen tuli toistaa kaksitavuisia epäsanomia, joissa joka toinen äänne oli konsonantti ja joka toinen vokaali. Tehtävän tarkoituksena oli mitata äännerepresentaatioiden tarkkuutta kuormittamatta lyhytkestoista muistia.</p> <p><b><i>Epäsanojen erottelu</i></b> Kirjoittajien kehittämä tehtävä, jossa lapsen tuli päätellä sopiiko suullisesti esitetty epäsanomia yhteen vaihtoehdon A vai B kanssa, jotka erosivat toisistaan vain yhden äänneen osalta. Tehtävän tarkoituksena oli mitata äännerepresentaatioiden tarkkuutta ilman vaatimusta tuottaa puhetta.</p> <p><b><i>Kuvan ja nimen yhdistäminen</i></b> Kirjoittajien kehittämä tehtävä, jossa lapselle näytettiin kerrallaan kahta kuvaa, joissa esitettyjen asioiden nimet erosivat toisistaan vain yhden äänneen osalta. Lapselle esitettiin suullisesti toinen näistä sanoista ja lapsen täytyi valita, kummasta kuvasta oli kyse.</p> <p><b><i>Artikulaatio</i></b> Kirjoittajien kehittämä tehtävä, jossa lapsen tuli nimetä hänelle esitettyjä kuvia. Lapsi sai pisteen jokaisesta oikein tuotetusta äänneestä.</p> <p><b><i>Puheen kategorinen havaitseminen</i></b> Kirjoittajien kehittämä tehtävä, jossa lapsen tuli tunnistaa, oliko suullisesti esitetty epäsanomia sama kuin vaihtoehto A (kaikissa osioissa ”ood”) vai B (kaikissa osioissa ”oot”). Esitetyt epäsanomat vaihtelivat fonologisilta ominaisuuksiltaan ”ood” ja ”oot” epäsanojen välisellä jatkumolla.</p>	<p><b><i>NEPSY-I Merkityksettömät sanat</i></b> Merkityksettömät sanat -tehtävässä epäsanomat eivät noudattaneet mitään tiettyä säännönmukaisuutta ja sanat muuttuivat monimutkaisemmiksi tehtävän edetessä.</p> <p><b><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></b></p> <p><b><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></b></p> <p><b><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></b></p> <p><b><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></b></p>

<p><b>Korkean kognitiivisen kuormituksen äännetaidot</b></p>	<p><b><i>Phonological Assessment Battery, Rhymes (Frederickson ym., 1997)</i></b> Tehtävä mittasi kykyä tunnistaa riimejä. Lapselle lueteltiin kussakin osiossa 3 sanaa ja lapsen tuli toistaa ne 2, jotka rimmasivat keskenään.</p> <p><b><i>Phonological Assessment Battery, Spoonerisms (Frederickson ym., 1997)</i></b> Tehtävä mittasi kykyä muunnella sanojen äänneitä mielessä. Tehtävän ensimmäisessä osassa lapsen tuli vaihtaa suullisesti esitetyn sanan ensimmäinen äänne toiseen annettuun äänneeseen. Toisessa osassa lapsen tuli vaihtaa keskenään kahden suullisesti esitetyn sanan ensimmäiset äänteet.</p> <p><b><i>Phonological Assessment Battery, Rapid digit naming (Frederickson ym., 1997)</i></b> Tehtävä mittasi nopeaa automatisoitunutta nimeämistä. Tehtävässä lapsen tuli nimetä ääneen kaksi listaa, joissa kummassakin oli 50 pseudosatunnaisessa järjestyksessä esitettyä numeroa.</p> <p><b><i>WISC-III Numerosarjat eteenpäin ja taaksepäin (Wechsler, 1992)</i></b></p> <p><b><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></b></p>	<p><b><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></b></p> <p><b><i>NEPSY-II Äänteiden prosessointi</i></b> Ramusin ym. käyttämä tehtävä vastaa Äänteiden prosessointi -tehtävän neljättä osaa, jossa lapsen tuli muuttaa tietty osa sanasta ohjeen mukaisesti. Äänteiden prosessointi sisälsi lisäksi kolme muuta osaa, jotka eivät edellyttäneet äänteiden vaihtamista vaan sanan tunnistamista tai äänten poistamista sanasta.</p> <p><b><i>Nopea sarjallinen nimeäminen</i></b> Nimettävät yksiköt olivat tehtävissä erilaisia. Tässä tutkimuksessa käytetyssä tehtävässä ei nimetty numeroita vaan värejä ja esineitä.</p> <p><b><i>WISC-III Numerosarjat eteenpäin ja taaksepäin</i></b> Ramusin ym. tutkimuksessa numerosarjojen toistamista eteen- ja taaksepäin ei erotettu toisistaan toisin kuin tässä tutkimuksessa</p> <p><b><i>NEPSY-II Sanalistat</i></b></p>
<p><b>Muut kielelliset taidot</b></p>	<p><b><i>British Picture Vocabulary Scales 2 (Dunn ym., 1997)</i></b> Tehtävä mittasi sanojen ymmärtämistä. Lapselle esitettiin suullisesti sanoja ja tehtävänä oli osoittaa neljästä vaihtoehdosta lausuttua sanaa vastaavaa kuvaa. Sanojen vaikeustaso kasvoi tehtävän edetessä.</p> <p><b><i>Test of Word-Finding 2 (German, 2000)</i></b> Tehtävä mittasi kykyä hakea sanoja muistista. Tehtävässä tuli nimetä kuvista substantiiveja, verbejä ja kategorioita sekä täydentää lauseita.</p> <p><b><i>Test for the Reception of Grammar 2 (Bishop, 2003)</i></b> Tehtävä mittasi lauseiden ymmärtämistä. Tehtävässä esitettiin suullisesti virke ja lapsen tuli valita neljästä vaihtoehdosta virkettä vastaava kuva. Oikean kuvan valitseminen edellytti sanojen ja lauserakenteiden ymmärtämistä oikein.</p>	<p><b><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></b></p> <p><b><i>Bostonin nimeämistesti</i></b> Bostonin nimeämistesti sisälsi ainoastaan substantiivien nimeämistä ei, verbien tai kategorioiden nimeämistä tai lauseentäydennystä</p> <p><b><i>Nepsy-II Ohjeiden ymmärtäminen</i></b> Ohjeiden ymmärtäminen -tehtävässä lausetta ei saanut kuunnella uudestaan. Ramusin ym. käyttämä tehtävä ei edellyttänyt monivaiheisten ohjeiden toteuttamista kuten Ohjeiden ymmärtäminen.</p>

<p>Tehtävän sanasto oli yksinkertaista, mutta lauserakenteet monimutkaistuivat tehtävän edetessä. Lauseen sai kuunnella niin monta kertaa kuin halusi.</p> <p><b><i>Clinical Evaluation of Language Fundamentals 3, sentence repetition -osatesti (Semel ym., 1995)</i></b>          Tehtävässä lapsen tuli toistaa suullisesti esitettyjä virkkeitä, jotka tehtävän edetessä pitenivät ja monimutkaistuivat.</p> <p><b><i>Test of Active and Passive Sentences (van der Lely, 1996)</i></b>          Tehtävä mittasi aktiivisten ja passiivisten lauserakenteiden ymmärtämistä ja erottamista toisistaan. Lapselle luettiin lauseita ja hänen tuli kussakin osiossa valita neljästä kuvasta lausetta vastaava vaihtoehto.</p> <p><b><i>Verb agreement and Tense Test (van der Lely, 2000)</i></b>          Tehtävä mittasi kykyä taivuttaa verbejä aikamuodon ja subjektin mukaan.</p> <p><b><i>Advanced Syntactic Test of Pronominal Reference, reflexive d' (van der Lely, 1997)</i></b>          Tehtävä mittasi sensitiivisyyttä virheille pronomien käytössä. Lapselle esitettiin kussakin osiossa suullinen lause ja kuva ja tehtävänä oli sanoa, vastasivatko lause ja kuva toisiaan.</p> <p><b><i>Advanced Syntactic Test of Pronominal Reference, syntactic d' (van der Lely, 1997)</i></b>          Tehtävä mittasi sensitiivisyyttä virheille pronomien käytössä. Lapselle esitettiin kussakin osiossa suullinen lause ja kuva ja tehtävänä oli sanoa, vastasivatko lause ja kuva toisiaan.</p>	<p><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></p> <p><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></p> <p><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></p> <p><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></p> <p><i>Ei vastaavaa tehtävää</i></p>
---	---

## Lähteet

Bishop, D. V. (2003). *Test for reception of grammar (TROG-2)*. Lontoo: Pearson Assessment.

Dunn, L. M., Dunn, L. M., Whetton, C., & Burley, J. (1997). *British Picture Vocabulary Scale II*.

Windsor: NFER-Nelson.

Frederickson, N., Frith, U., & Reason, R. (1997). *Phonological assessment battery*. Windsor: NFER-Nelson.

German, D.J. (2000). *Test of word finding* (2. painos). Austin: Pro-Ed.

- Semel, E., Wiig, E., & Secord, W. (1995). *Clinical evaluation of language fundamentals*. San Antonio: Psychological Corporation.
- van der Lely, H. K. (1996). *Test of active and passive sentences (TAPS)*. Lontoo: Birkbeck College, University of London.
- van der Lely, H. K. (1997). *Advanced-syntactic test of pronominal reference (A-STOP)*. Lontoo: Birkbeck College, University of London.
- van der Lely, H. K. (2000). *Verb agreement and tense test*. Lontoo: Birkbeck College, University of London.
- Wechsler, D. (1992). *Wechsler intelligence scale for children*. Lontoo: The Psychological Corporation.